경제학석사학위논문

중첩세대 동태 일반균형 모형을 이용한 국민연금 정책 개선 모색

2012년 8월

서울대학교 대학원

경제학부 경제학 전공

오 정 현

중첩세대 동태 일반균형 모형을 이용한 국민연금 정책 개선 모색

지도교수 최 병 선

이 논문을 경제학석사 학위논문으로 제출함
2012년 8월

서울대학교 대학원
경제학부 경제학 전공
오 정 현

오정현의 석사 학위논문을 인준함
2012년 8월

위 원 장 ___류 근 관 (인)___

부위원장 ___최 병 선 (인)___

위 원 ___김 영 식 (인)___

국문초록

본 논문은 급속한 인구고령화로 인해 우리나라 국민연금기금의 재정이 악화되는 상황 하에서, 연금기금 재정안정화를 위한 연금제도 개혁안들을 제시하고, 그 경제적 효과를 분석한다. 본 논문이 제시한 연금제도 개혁안들은 특정 시점의 국민연금기금을 일정량으로 유지하는 것을 공통의 정책 목표로 한다. 이러한 정책 목표 하에서 소득대체율을 현행의 제도로 유지하되 소비세를 연금기금의 재원으로 도입하고 연금보험요율을 조정하는 개혁안을 모색한다. 중첩세대 동태일반균형모형을 이용한 모의실험 결과에 따르면, 연금기금의 재원으로 소비세의 도입하였을 때 소비세를 도입하지 않은 경우에 비해 연금보험요율 인상폭이 축소되며, 현세대의 후생은 다소 감소하지만 후세대에는 더 큰 후생증진의 효과가 있는 것으로 나타났다. 또한 소비세의 도입으로 인한 연금보험요율 인상폭의 축소정도와 현세대 및 후세대의 후생변화정도는 소비세의 도입 규모에 비례한다. 한편 소비세의 도입으로 인한 후생변화는 모든 소득계층에 대해 동일하게 나타난다. 인구고령화정도가 상대적으로 높지 않은 고위 인구구조 시나리오 하에서 재정안정화 정책목표 및 소비세 도입규모가 동일한 개혁안을 적용했을 때, 표준 인구구조 시나리오의 경우에 비해 연금보험요율의 인상폭은 작게 나타난다. 그러나 소비세 도입으로 인한 후세대의 후생증진 효과는 표준 인구구조 시나리오의 경우에 비해 줄어드는 것으로 확인되었다.

주요어 : 중첩세대 동태일반균형모형, 국민연금제도, 정책시뮬레이션, 후생변화
학 번 : 2010-20178

목 차

그 림 목 차

제 1 장 서론

본 논문의 목적은 우리나라 국민연금제도의 재정 안정화 정책을 모색하고 정책의 효과를 분석하는 것이다. 국민연금제도는 1988년 도입 당시 소득대체율을 70퍼센트로 연금보험요율에 비해 지나치게 높게 설정하여 제도의 지속성에 많은 문제가 제기되어 왔다. 1998년에 단행된 연금개혁에서는 연금수급연령을 65세로 점진적으로 상향조정하고 소득대체율을 60퍼센트로 하향조정하였으며, 최근의 2007년 연금개혁에서는 소득대체율을 추가적으로 40퍼센트까지 하향조정하는 개혁안이 통과되었다. 그러나 이러한 개혁에도 불구하고 2008년에 발표된 국민연금발전위원회의 국민연금 장기재정추계에 따르면 국민연금기금은 2060년경에 소진되는 것으로 나타나고 있다.

연금 재정의 지속적인 악화는 세계적으로 유례가 드물 정도로 급속한 속도로 진행되는 우리나라의 인구구조 고령화에 의한 바가 크다. 우리나라의 합계출산율은 1983년 인구대체수준인 2.1명 이하로 떨어진 이래 지속적으로 하락하여 최근에는 1.3명 미만의 초저출산 현상이 계속되고 있다. 이에 따라 우리나라는 2000년에 65세 이상 인구의 비중이 7퍼센트 이상인 고령화 사회(aging society)로 진입하였으며, 통계청에서 발표한 인구전망치에 따르면 2018년에는 고령 사회(aged society, 18%), 2026년에는 초고령 사회(post-aged society, 20%)에 도래할 전망이다. 인구구조가 고령화될수록 연금보험료 지급자의 수가 감소하므로 연금재정은 지속적으로 악화된다.

본 논문은 Auerbach and Kotlikoff(1987, 이하 AK87이라 씀)의 중첩세대 일반균형 모형을 이용함으로써 우리나라의 인구구조 고령화 상황하에서 국민연금 재정안정화 정책 및 정책 대안들의 경제적 효과를 분석하고자 한다. 기존의 연구들은 공적연금이 경제에 미치는 영향을 실증분석과 모의실험을 이용하여 분석하고 있다. 본 연구는 향후 100년에 이르

는 장기간을 연구대상으로 삼고 있으며 급속한 인구고령화의 효과를 적절히 고려해야 하기 때문에 연구의 방법론으로써 일반균형 모형을 이용한 모의실험이 적절하다고 판단하였다. 그러나 계산의 편의를 위해 도입된 경제 주체의 완전 예견(perfect foresight) 가정 등이 현실성과 거리가 있고 모수 값들에 대한 가정에 따라 결과가 달라질 가능성이 존재하는 등 일반 균형 모형을 이용한 모의실험에도 한계점은 있다.

AK87 이래로 중첩세대 일반균형모형을 이용하여 연금제도의 정책 효과를 분석한 많은 연구들이 발표되고 있다. 국내에서는 전영준(1997), 홍기석(2003), 신성휘·최기홍(2010) 등이 AK87의 모형을 확장하여 국민연금의 정책 대안들에 대해 분석을 하였다. 본 논문에서 모형의 개발에 직접적으로 참고한 모형은 Altig et al.(2001), 신성휘·최기홍(2010), 전영준(1997), 홍기석(2003) 등이다.

본 논문이 기존의 국내 연구들과 차별되는 점은 연금기금 재정안정화를 위한 정책 목표를 설정하여 그에 필요한 연금제도 개혁안을 내생적으로 도출해 낸 점이다. 기존 연구들은 외생적으로 연금제도 개혁안을 설정한 후 연금기금 고갈 시점 이후 급격한 연금제도의 전환을 가정하였으므로 정책 대안의 현실 적용성이 떨어질 수 있다. 또한 제도 개혁안 간에 공통된 정책 목표가 없으므로 대안들 간의 경제적 효과의 차이를 면밀히 분석하기 어렵다. 이에 반해 본 논문은 현실 적용성이 있는 정책목표를 제시하였으며 공통된 정책 목표를 달성하기 위한 개혁안들을 제시함으로써 개혁안들 간의 경제적 효과의 차이를 면밀히 분석했다고 할 수 있다. 또한 인구 고령화정도가 다른 두 가지 상황을 상정하고 각 상황 하에서 공통된 정책 목표를 달성하기 위한 개혁안들을 도출함으로써 고령화정도의 변화에 어떠한 방식으로 정책 대응을 해야 하는지를 제시하였다.

모형의 방법론적인 특징은 첫째, 신성휘·최기홍(2010)의 방법을 도입하여 여가의 구석해(corner solution)을 고려하고, 둘째, Altig et, al.(2001) 등 최근 연구들의 방법에 따라 소득계층별 이질성을 도입하여 연금정책이 각 소득계층에 미치는 영향의 차이를 분석한 것이다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 제 2장에서는 우리나라의 인구 고령화 추세에 대한 전망을 요약한다. 제 3장에서는 본 논문에서 사용되는 중첩세대 일반균형모형의 구조와 모의실험에 사용된 인구구조 및 주요 모수의 설정, 그리고 연금기금 재정안정화 정책의 설정에 대해 설명한다. 4장에서는 모의실험결과를 제시하고 해석한다. 마지막 5장에서는 연구를 요약하고 결론을 제시한다.

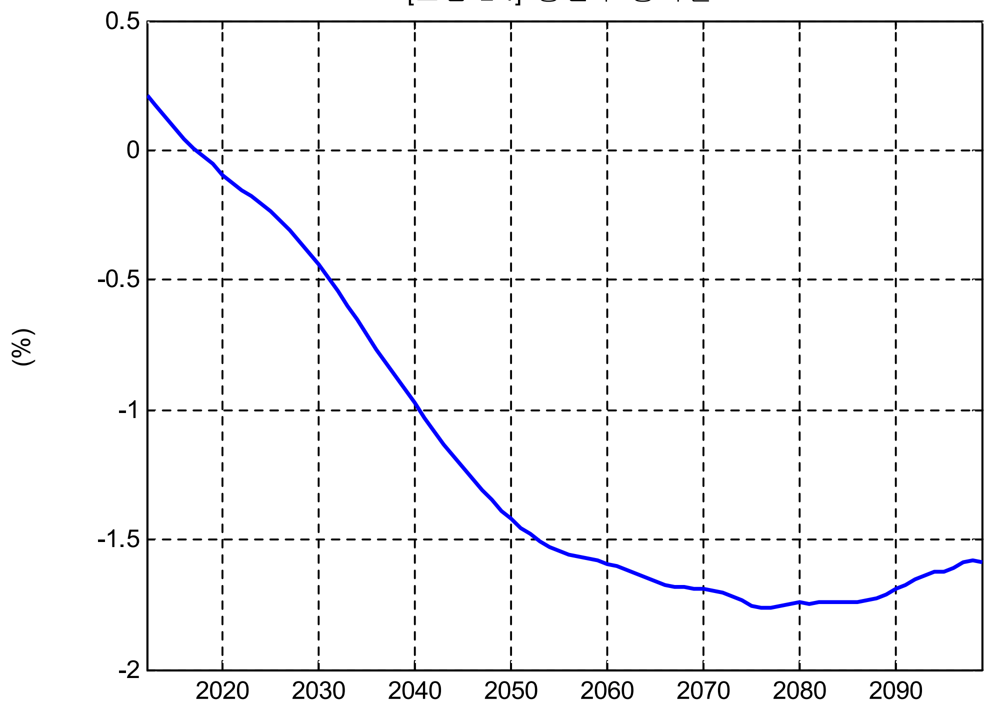
제 2 장 인구 고령화의 추세

우리나라는 2000년에 65세 이상 인구의 비중이 7퍼센트 이상인 고령화 사회로 진입하였으며 2018년에는 고령 사회(18%), 2026년에는 초고령 사회(20%)에 도래할 전망이다. 본 논문은 2100년까지의 인구전망치를 추계한 한국보건사회연구원·국민연금연구원(2007)의 『국민연금 재정추계를 위한 인구전망 및 모형구축』의 인구 전망을 토대로 한다. 이에 따른 신생아수 증가율, 총인구 증가율과 노년부양비는 [그림2-1], [그림 2-2] 및 [그림 2-3]과 같다.[1)]

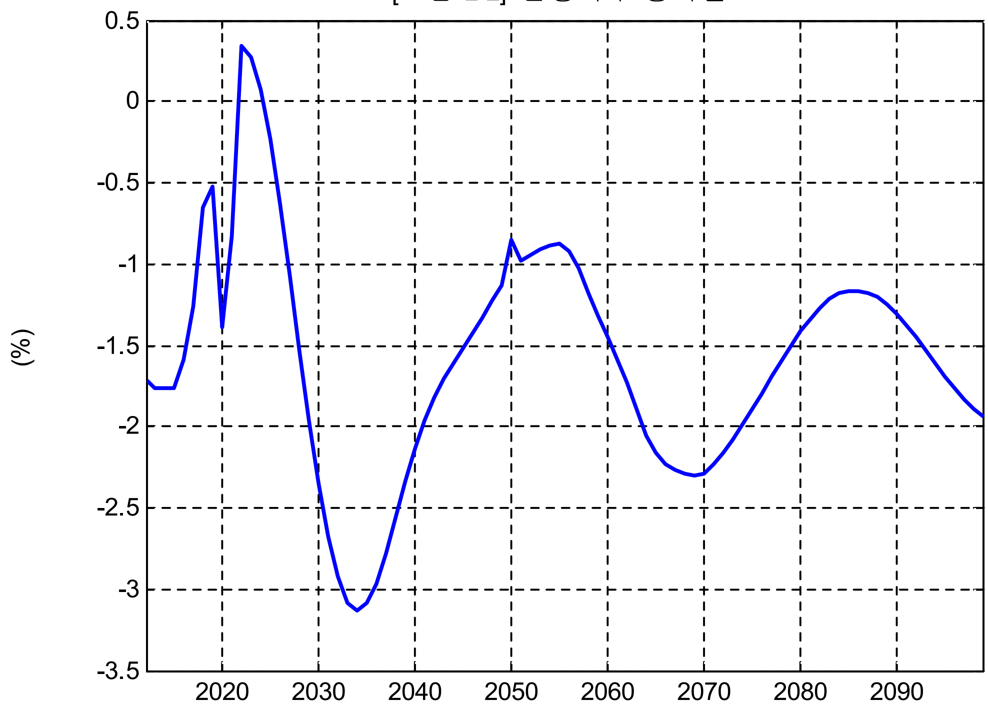
[그림 2-1]에서 볼 수 있듯이 우리나라의 총인구는 2025년경부터 감소세로 돌아서 2100년까지 빠르게 하락할 전망이다. 총인구의 감소는 출산율의 하락에서 기인하는데, [그림 2-2]에서 볼 수 있듯이 2030년경 이후 신생아수 증가율은 －1% 에서 -3% 사이가 되어서 신생아수가 지속적으로 감소한다. 출산율 하락에 의한 인구구조 고령화로 인해 노년부양비는 급격히 증가하며 2070년경에는 약 60%에 이르게 된다([그림 2-3]).

1) (노년부양비) = (1~15세 인구+66세 이상 인구)/16~65세 인구×100 (%)

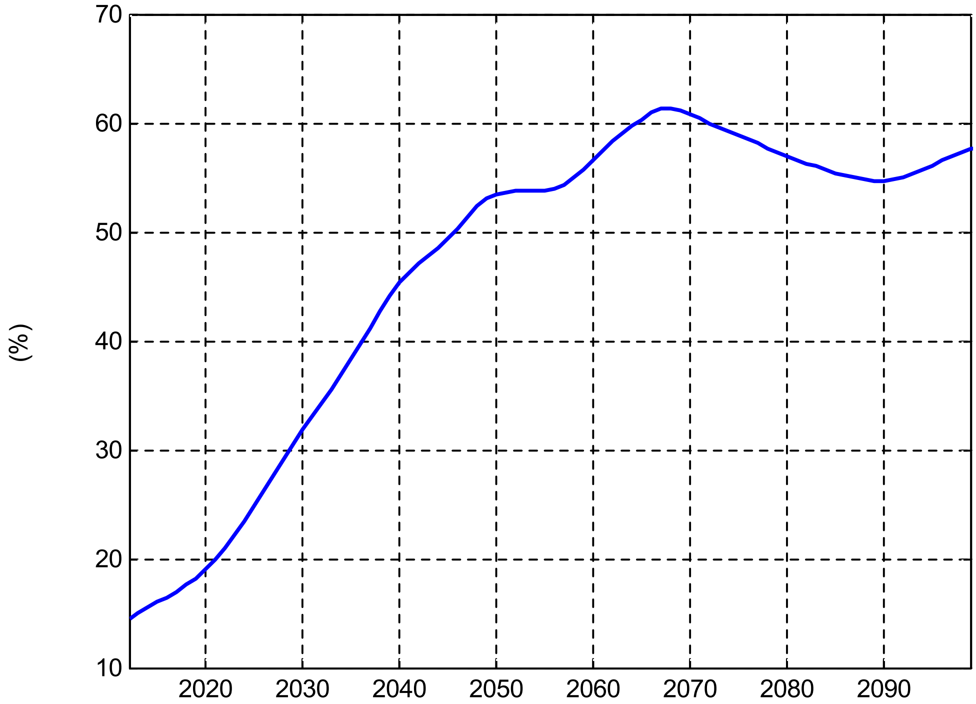
[그림 2-1] 총인구 증가율



[그림 2-2] 신생아수 증가율



[그림 2-3] 노년부양비



제 3 장 중첩세대 일반균형모형

본 논문은 AK87의 OLG모형(overlapping generation model)을 기본으로 하여 Altig et al.(2001) 등에서 도입한 소득계층별 이질성을 반영하고 국민연금을 도입한 모형이다. 본 연구의 모형은 경제 내에 서로 다른 개인들이 존재함을 전제로 한다. 개인은 일정 기간 동안 생존하며, 매 기간 마지막 세대가 사라지는 동시에 새로운 세대가 진입하므로 세대 수는 동일하게 유지된다. 매 기간에는 노동생산성 및 자산 등이 상이한 여러 세대가 동시에 존재하며 각 세대에는 노동생산성이 상이한 두 개의 소득계층이 존재한다. 개별 소비자들은 생애 효용을 극대화하는 매기의 최적

소비/저축 및 노동공급의 양을 결정하며 유산은 존재하지 않는다. 각 개인은 매기의 생존율을 고려하여 최적화를 하며, 사망한 개인의 자산은 동일 연령층의 다른 개인들에게 균등하게 분배된다고 가정한다. 따라서 본 연구의 모형은 자산의 세대 간 이전의 가능성이 배제되어 있다. 또한 각 개인은 어떠한 불확실성에도 직면하지 않는다고 가정된다. 이러한 가정들은 현실성과 거리가 있지만 모형의 계산을 크게 단순화시킨다. 이렇게 계산된 개별 소비자들의 선택을 인구규모를 고려하여 모두 더함으로써 경제 전체의 총 자본과 총 노동공급이 결정된다. 경제의 기업부문은 완전 경쟁적이며 이자율과 임금률은 자본과 노동의 한계생산성과 각각 같도록 결정된다. 또한 연금부문과 관련하여서는 1998, 2007년 연금법 개정에 따른 연금 수급연령 상향조정 및 소득대체율 하향조정을 반영하였다. 보다 자세한 모형의 구조는 다음과 같다.

제 1 절 모형의 구조

1. 소비자 부문

각 소비자는 경제 환경을 완전예견하며 경제활동을 시작하는 20세 시점에서 96세까지 77년의 고정된 기간을 사는 것으로 가정된다. 앞으로 본고에서 지칭하는 1세는 실제 나이 20세를 의미한다. 각 소비자의 목적은 소비와 여가시간의 선택을 통해서 생애 효용을 극대화하는 것이다. 효용함수는 기간분리적(time separable)이며, 소비와 여가에 대한 CES(constant elasticity of substitution) 함수의 형태를 가진다고 가정한다. 따라서 t년도에 1세인 어떤 개인의 생애 효용은 다음과 같이 표현될 수 있다.

$$U = [\sum_{i=1}^{77} \beta_i \, x_{i,t+i-1}^{(1-1/\gamma)}]^{1/(1-1/\gamma)} \qquad (3.1.1)$$

단, $x_{i,t} = (c_{i,t}^{(1-1/\rho)} + \alpha \, l_{i,t}^{(1-1/\rho)})^{1/(1-1/\rho)}$

$$\beta_i = s^i/(1+\delta)^{i-1},\ s^i = \prod_{j=1}^{i-1} s_j,\ (i=1,\cdots,77)$$

식 (3.1.1)에서 $c_{i,t}$는 t년도에 i세인 개인의 소비, $l_{i,t}$는 t년도에 i세인 개인의 여가, δ는 개인의 시간선호율, ρ는 소비와 여가 간의 고정대체탄력성, α는 여가의 상대적 중요성, γ는 기간 간 고정대체탄력성, s_i는 i세인 사람이 $i+1$세에 생존할 조건부 확률이다. 한편 다음과 같은 자산축적 과정을 가정한다.

$$s_i A_{i+1,t+1} = A_{i,t}(1+r_t) + y_{i,t}(1-\tau_t) - c_{i,t}(1+\tau_t^c) + PB_{i,t} \qquad (3.1.2)$$

단, $y_{i,t} = w_{i,t}^*(1-l_{i,t}),\ w_{i,t}^* = w_t h_{i,t} + \iota_{i,t}$

식 (3.1.2)에서 $A_{i,t}$는 t년도에 i세인 개인의 자산, r_t는 t년도의 이자율, w_t는 t년도의 임금률, τ_t는 t년도의 연금보험요율, τ_t^c는 t년도의 연금재정을 위한 추가적인 소비세율, $PB_{i,t}$는 t년도에 i세인 개인이 수령하는 연금액, $y_{i,t}$는 t년도에 i세인 개인의 노동소득, $h_{i,t}$는 t년도에 i세인 개인의 유효노동력, $\iota_{i,t}$는 여가의 구석해를 고려한 프리미엄이다. 노동공급이 $1-l_{i,t}$로 표현된 것은 각 개인의 매기 시간자원의 양이 1로 표준화되었기 때문이다. 연금수령액의 급여 산식은 제 4절의 연금 부문에서 설명한다. 유효노동력 $h_{i,t}$는 노동 생산성을 나타내는 것으로서 인적자본량(human capital)에 비례한다. 유효노동력은 나이가 듦에 따라 축적되는 인적자본 뿐만 아니라 매년 발생하는 기술진보도 반영한다.

초기조건으로서 각 개인은 아무런 자산없이 태어난다고 가정한다. 즉, 모든 t에 대해서 $A_{1,t}=0$ 이다. 또한 유산은 없다고 가정한다. 즉, 모든 t에 대해서 $A_{78,t}=0$ 이다. 이러한 가정 하에서 식 (2)를 풀면 다음과 같은 생애 예산제약식이 얻어진다.

$$\sum_{i=1}^{77} d_{i,t} c_{i,t+i-1}(1+\tau_t^c) = \sum_{i=1}^{re\_age} d_{i,t} y_{i,t+i-1}(1-\tau_t) + \sum_{re\_age}^{77} d_{i,t} PB_{i,t+i-1} \qquad (3.1.3)$$

단, $d_{i,t} = s^i / \prod_{j=1}^{i}(1+r_{t+j}(1-\tau_{t+j}))$

생애 예산제약식 (3.1.3) 하에서 목적식 (3.1.1)을 극대화하는 문제를 풀면 생애 최적 소비와 여가를 닫힌 해로 구할 수 있다. 그러나 최적 노동공급량 $l_{i,t}$가 부존자원 값인 1을 넘어설 수 있으므로 닫힌 해로부터 수치적 방법을 이용하여 임금에 추가되는 조정값인 $\iota_{i,t}$를 계산, 최종적인 최적해를 구할 수 있다.[2]

2. 기업 부문

기업 부문은 완전 경쟁적이며 생산기술은 다음과 같은 Cobb-Douglas 생산함수에 의해서 대표된다고 가정한다.

$$Y_t = AK_t^{\theta} LE_t^{1-\theta} \tag{3.1.4}$$

식 (3.1.4)에서 K_t는 t년도의 총 자본스톡을 나타내며 LE_t는 효율단위의 총 노동공급을 나타낸다. 본 모형에서는 자본의 감가상각이 따로 고려되지 않으므로 자본의 승수 θ와 저축률을 감가상각을 제외한 부분으로 해석해야 한다.

3. 연금 부문

연금 부문은 가계로부터 보험료를 징수하고 노후에 연금을 지급한다. 소득대체율이 일정할 때 t년도에 은퇴하여 $t+1$년도부터 완전노령연금을 수령하는 개인의 국민연금 기본연금액 급여 산식은 다음과 같다.

$$PB = ERR(0.5A + 0.5B)\left(\frac{1+0.05(n-20)}{2}\right) \tag{3.1.5}$$

2) 부록1 참조

단, $A = \sum_{i=1}^{re\_age} y_{i,t} \frac{p_{t,i}}{\sum_{j=1}^{re\_age} p_{t,j}} = \bar{y}_t$

$$B = \sum_{i=1}^{re\_age} \frac{1}{re\_age} \cdot \frac{y_{i,t-re\_age+i}}{\bar{y}_{i,t-re\_age+i}} \bar{y}_t$$

식 (3.1.5)에서 ERR은 소득대체율, n은 연금보험료 납부연수, $p_{i,t}$는 t년도에 i세인 소비자의 규모를 나타내는 가중치이다. A는 가입자 전체의 $t-1$년도의 평균 임금소득, B는 가입자 개인의 근로기간에 걸친 소득을 당해년도의 평균 임금소득으로 재평가하여 평균한 값이다. 소득대체율이 기간마다 다를 때에는 소득대체율이 일정한 구간별로 연금급여액을 평가한 후 총하여 급여를 계산한다.[3] 각 해에 수령하는 연급수령액은 평균 임금소득의 증가율로 재평가하여 결정되므로 t년도에 은퇴하여 연금을 수령하는 개인의 s년의 연금수령액은 다음과 같다.

$$PB_{re\_age+s-t,s} = PB \times \frac{\bar{y}_s}{\bar{y}_t} \tag{3.1.6}$$

$t+1$년도 말의 국민연금 적립 기금 F_{t+1}은 각 해의 연금 보험료 수입 및 연금 재정 수입과 연금급여 지출에 의해 결정된다. 본 연구에서는 추가적인 소비세 재원을 고려하므로 소비세 재원이 명시적으로 포함된다.

$$\begin{aligned} F_{t+1} = F_t(1+r_t) + \sum_{i=1}^{77} c_{i,t}\tau_t^c p_{i,t} + \sum_{i=1}^{re\_age} y_{i,t}\tau_t p_{i,t} \\ - \sum_{i=re\_age+1}^{77} PB_{i,t} p_{i,t} \end{aligned} \tag{3.1.7}$$

4. 거시경제의 동태일반균형 조건

t년도에 총 노동공급은 생애 최적화에서 결정된 각 세대별 효율단위 노동공급량의 인구규모 가중 합으로 다음과 같이 결정된다.

---

3) 부록 참조

$$LE_t = \sum_{i=1}^{77} h_{i,t}(1 - l_{i,t})p_{i,t} \tag{3.1.8}$$

총 자본스톡은 소비자가 저축으로 축적한 자산의 인구규모 가중 합과 국민연금의 적립기금의 합으로 다음과 같이 결정된다.

$$K_t = \sum_{i=1}^{77} a_{i,t}p_{i,t} + F_t \tag{3.1.9}$$

따라서 t년도의 균형 이자율 r_t와 균형 임금률 w_t는 다음과 같이 결정된다.

$$r_t = A\,\theta\,(K_t/LE_t)^{\theta-1} \tag{3.1.10}$$

$$w_t = A(1-\theta)(K_t/LE_t)^{\theta} \tag{3.1.11}$$

제 2 절 모형의 설정

1. 인구전망과 가정

[1] 분석대상 세대 및 기간

본 논문에서 분석대상 기간은 2012년-2300년이다. 개인의 경제활동기간을 20세에서 96세로 가정하고 있으므로 2012년을 다루기 위해서는 2012년에 96세인 세대, 즉 1936년에 경제활동을 시작한 세대가 포함되어야 한다. 따라서 분석대상 세대는 1936년-2300년 세대이다. 그런데 2300년에 경제활동을 시작한 세대의 최적행동을 결정하려면 이 세대가 96세에 도달하는 2376년까지의 임금과 이자율을 알아야 한다. 따라서 모형 내에서 다뤄지는 기간은 2012년에서 2376년까지이다. 2012년 이전과 2300년 이후는 요소가격이 변하지 않는 정상상태(steady state)를 가정한다.

[2] 인구구조 시나리오 설정

본 논문은 2100년까지의 인구전망치를 추정한 한국보건사회연구원·국민연금연구원(2007)의 『국민연금 재정추계를 위한 인구 전망 및 모형구축』의 인구 전망을 토대로 한다. 구체적인 표준 인구구조 시나리오의 설정은 다음과 같다. 신생아수 증가율은 한국보건사회연구원·국민연금연구원(2007)의 2075년까지의 추계를 그대로 사용하였다. 2076년부터 2100년까지는 신생아수 증가율이 점진적으로 0퍼센트로 수렴하도록 조정하였고 2101년 이후에는 신생아수 증가율이 0으로 유지된다고 가정하였다. 또한 한국보건사회연구원·국민연금연구원(2007)의 2012년 예측 생명표를 바탕으로 각 연령별 생존율을 계산하였다. 이렇게 얻어진 신생아수 증가율과 각 연령별 생존율을 바탕으로 각 연도별 인구수를 계산하였다.[4)]2076년부터 2100년까지의 신생아수 증가율 조정과 2101년 이후의 신생아수 증가율에 대한 가정으로 인해 인구구조는 2200년경 규모와 비중이 모두 일정한 정상인구로 진입하게 된다.[5)]

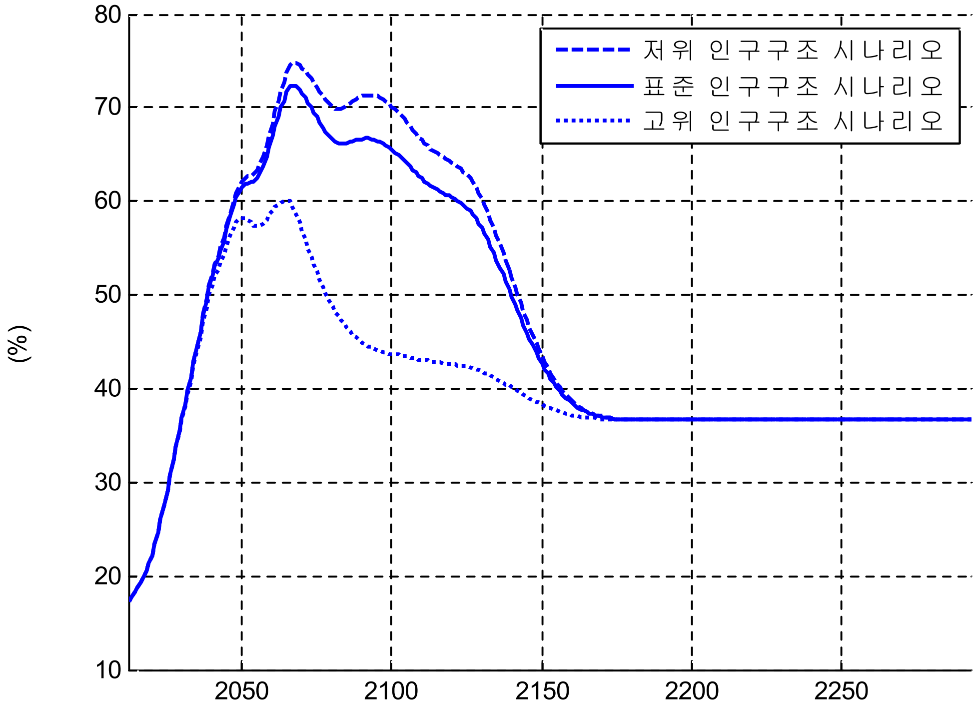
표준 인구구조 시나리오와 비교하여 고령화가 빠른 속도로 진행되는 저위 인구구조 시나리오와 느린 속도로 진행되는 고위 인구구조 시나리오는 신생아수 증가율을 조정하여 얻어진다. 구체적으로 고위 인구구조 시나리오의 경우, 표준 인구구조 시나리오 하에서의 연도별 신생아수 증가율에 0.3을 곱하여 연도별 신생아수 증가율을 얻어질 수 있다. 이 경우, [그림 2-3]을 보면 예를 들어 2040년의 신생아수 증가율은 －2퍼센트이다. 여기에 0.3을 곱한 －0.6퍼센트가 고위 인구구조 하에서 2040년의 신생아수 증가율이 된다. 이렇게 얻어진 연도별 신생아수 증가율과

4) 이러한 방법의 인구계산은 각 연령별 생존율의 지속적인 증가를 고려하지 않으므로 다소 제한적이기는 하지만 본 연구에서 행할 시뮬레이션 방법의 성격상 경제가 균제상태(steady state)로 수렴해야 한다는 제약이 있기 때문에 도입되었다. 이러한 가정 하에서 계산한 인구분포는 한국보건사회연구원·국민연금연구원(2007)의 추계와 거의 같다.

5) 2101년 이후의 신생아수 증가율에 대한 이러한 가정은 인구구조 변화에 대한 자의적인 가정이며, 예를 들어 2101년 이후의 신생아수 증가율이 양의 값으로 전환된 후 일정 기간 양의 값으로 지속된 후 0의 값으로 수렴하여 인구구조가 정상상태의 인구로 진입할 수도 있다. 이러한 경우 고령화의 완화는 본 모형의 전망보다 빠른 속도로 이루어질 것이다.

표준 인구구조 시나리오에서 사용한 생존율을 동일하게 이용하여 각 연도별 인구수를 계산한다. 각 시나리오 하에서 20세-65세 인구 대비 66세-96세 인구의 비는 [그림 3-1]과 같다.

[그림 3-1] 20세-65세 인구 대비 66세-96세 인구의 비



2. 소득계층별 인적자본곡선의 설정

본 논문은 Alitg et al.(2001) 등의 접근법에 의하여 소득계층별로 인적자본 곡선을 달리 설정한다. 이는 국민연금 제도 변화에 따른 효과를 소득계층별로 포착하기 위함이다. 기술진보를 반영하기 이전의 연령별 유효 노동생산성은 다음과 같이 가정된다.[6)]

$$h_i = \begin{cases} 0.05(i+19) - 0.0006(i+19)^2 & ,(i = 1,\cdots,re\_age) \\ 0 & ,(i = re\_age+1,\cdots,77) \end{cases}$$

6) Miles(1999)

위의 식에서 re_age는 은퇴 직전의 나이를 의미하며 은퇴 이후의 노동생산성은 0으로 설정하였다. 이는 시뮬레이션 내에서 각 개인의 은퇴 이후 노동공급을 0으로 만들기 위함이다.

본 논문에서는 2개의 소득계층이 존재한다. 위의 식으로 결정되는 유효 노동생산성은 평균 소득계층의 유효 노동생산성을 의미하며 이에 일정한 상수 κ를 곱하여 고소득 및 저소득 계층의 노동생산성을 결정한다. 고소득 계층의 κ는 1.3, 저소득 계층의 κ는 0.7로 설정한다. 이는 신성휘·최기홍(2010)의 소득계층별 인적자본 곡선 추정 결과를 반영한 것이다.

3. 주요 모수의 설정

주요 모수의 값은 Alitg et al. 등을 참고하여 다음과 같이 설정하였다.

모수	symbol	값
개인의 시간선호율	δ	0.004
소비와 여가 간의 고정대체탄력성	ρ	1.1
기간간 고정대체탄력성	γ	0.5
여가의 상대적 중요성	α	1
기술진보율	g	0.01
생산함수에서의 자본의 승수	β	0.25

4. 국민 연금 정책 대안 설정

2008년에 발표된 국민연금발전위원회의 국민연금 장기재정추계에 따르면 국민연금의 적립기금은 2060년경에 소진되는 것으로 나타나고 있다. 이는 낮은 연금보험료 부담에 비해 높은 수준의 연금을 수령하는 제도의 특성으로 인해 적립기금이 부족하고 앞으로의 급속한 인구고령화에 의해 가입자가 급격히 감소할 것으로 예상되기 때문이다. 그러나 2060년 무렵의 수급자 대비 가입자의 비율은 표준 인구구조 시나리오 하에서 60퍼센트를 상회하여 부과식(pay-as-you-go system)으로의 전환시 연금보험

요율의 급격한 인상 혹은 소득대체율의 급격한 인하로 인해 노동시장의 왜곡, 미래세대의 후생감소, 노후보장성 악화 등의 문제를 불러올 것으로 예상된다.

본 논문은 이러한 상황 하에서 연금보험요율을 조정하고 소비세를 도입하여 재정안정화를 모색하는 정책대안을 고려한다. 기존의 국내 연구들은 외생적으로 연금보험요율, 소득대체율, 혹은 연금수령가능연령 등을 변화시킨 후 이에 따라 결정되는 연금 기금 고갈 시점부터 연금 제도를 부과식 제도로 전환하거나 당기 재정적자를 정부재정으로 보전하는 정책대안 등을 고려하고 있다. 그러나 이러한 정책 대안들은 첫째, 연금 기금 고갈 시점의 노년부양비가 높을 경우 부과식 제도로의 전환은 전환 이후의 연금보험요율을 급격히 높이거나 소득대체율을 지나치게 낮추며 둘째, 부족한 재원을 정부재정으로 보전하는 경우 보전에 이용되는 소득세 혹은 소비세의 상승이 지나치게 크기 때문에 이러한 정책들이 적용되기는 현실적으로 힘들 수 있다. 또한 기존 연구들의 정책 대안은 공통된 목표가 없으므로 정책 대안들 간의 경제적 효과를 면밀히 분석하기 힘들다. 본 연구는 이러한 한계점들을 극복하기 위해 특정 시점의 연금기금을 일정 규모로 유지하는 것을 공통의 목표로 하는 정책 대안들을 제시한 후 정책 대안들 간의 차이와 경제적 효과를 분석한다.

[1] 장기 재정안정화 정책

인구구조가 정상상태로 진입한 이후에는 인구의 규모 및 구조가 고정되므로 일정하게 유지되는 노년부양비 하에서 국민연금 제도가 안정적인 부과식 제도로 전환될 수 있다. 이러한 인구 전망 하에서 인구구조가 정상상태로 진입하는 해부터 연금제도를 순수한 부과식 제도로 전환하고 진입 직전의 연금 재정을 0으로 하는 것을 정책의 목표로 하는 장기 재정안정화 정책을 고려해 볼 수 있다.

[2] 중기 재정안정화 정책

장기 재정안정화 정책은 두 가지 측면에서 현실성의 문제를 안고 있

다. 첫째, 2100년 이후 100년 동안의 인구구조 변화 전망은 2100년까지의 전망과는 달리 신생아수 증가율에 대한 임의적인 가정을 바탕으로 하므로 이 기간을 모두 정책의 대상기간으로 하는 것은 현실성이 떨어진다. 둘째, 정책의 대상기간이 길어질수록 예측할 수 없는 경제충격 혹은 경제 구조의 변화를 겪을 가능성이 높아지므로 정책 유지성이 떨어지게 된다. 모형의 표준 인구구조 전망 하에서 인구구조는 2200년경에 정상상태로 진입하게 된다. 이러한 인구구조 전망 하에서 장기 재정안정화 정책의 대상기간은 향후 190년 정도가 된다. 이러한 대상 기간은 지나치게 장기적인 것이라고 볼 수 있다.

중기 재정안정화 정책은 이러한 한계점을 극복하고자 정책의 대상기간을 2131년까지 향후 120년간으로 설정한다. 또한 2132년 이후의 연금 제도는 부분적 부과식 제도로 전환하며 2132년의 연금재정이 현재 연금재정의 6배가 되도록 목표한다. 이는 2132년의 높은 노년부양비와 GDP 증가율을 고려한 것이다. 본 연구에서 고려되는 부분적 부과식 제도는 적립 기금의 이자 수입을 연금보험료 지급에 사용하여 연금보험요율을 낮추는 적립 방식(Funded system)의 장점을 유지하되 당기 재정적자[7]가 기금의 이자수입에 비례하는 규모로 유지되도록 연금보험요율을 인구구조에 맞추어 조정함으로써 적립 기금의 고갈을 막고 적립 방식 연금제도를 안정적으로 유지하도록 하는 연금 제도이다. 단, 노년부양비가 높고 연금수령자의 규모가 큰 기간의 당기 재정적자를 연금수령자 규모를 고려하여 결정함으로써 이 기간의 연금보험요율의 상승을 보전하였으며 1인당 GDP 증가율에 비례하도록 당기 재정적자를 결정함으로써 인구구조가 정상상태로 진입함에 따라 연금보험요율이 일정한 값을 유지하도록 하였다.[8] 이러한 방식의 부분적 부과식 제도는 적립 기금의 이자수입을 이용하여 연금보험요율을 낮추는 적립 방식의 장점을 유지하는 동시에 인구구조에 연동하여 연금보험요율을 유연하게 조정함으로써 연금 기금의 고갈을 억제한다는 점에서 장기적인 연금 정책 대안으로서 가능성이 있다고 하겠다.

---

7) 연금지출액에서 당기의 연금보험료 수입 및 기금재정을 위한 세원을 차감한 값.
8) 1인당 GDP 증가율에 맞추어 연금지출액이 증가하기 때문이다.

중기 재정안정화 정책은 이와 같은 연금 정책의 목표 및 제도 전환의 가정 하에서 소득대체율을 현행의 제도로 고정하고 연금보험요율을 2012년부터 2051년까지 40년에 걸쳐 상향조정하며 상향조정의 크기는 부과식 제도로 전환하는 2131년의 연금 재정이 현재 연금재정의 4배가 되도록 설정한다. 이러한 연금보험요율의 조정 정책 하에서 2071년까지 향후 60년간 연금재정을 위한 추가적인 소비세를 각각 0.75%, 1.5% 도입하는 정책 대안을 고려한다. 요약하면, 정책 대안 $P0$, $P075$, $P150$는 연금재정을 위해 추가적인 소비세를 향후 60년간 각각 0퍼센트, 0.75퍼센트, 1.5퍼센트 도입하며 장기 연금재정 안정화를 위해 연금보험요율을 2051년까지 상향 조정하는 정책 대안이다. 또한 모든 정책 대안들은 1998년 및 2007년의 연금개혁 사항을 반영하여 2013년부터 2033년까지의 연금수급연령을 65세로 점진적으로 상향조정하고 2008년부터 2028년까지 소득대체율을 40퍼센트로 하향조정하는 것을 포함한다.

5. 시뮬레이션 개요

본 논문은 표준 인구구조 시나리오와 고위 인구구조 시나리오 하에서 중기 재정안정화 정책의 정책적 차이, 정책 대안의 경제적 효과 및 그 차이를 평가한다. 연금보험요율의 조정과 세대별 후생의 변화, 세대내 소득계층별 후생의 변화 등이 평가의 대상이 된다. 시뮬레이션의 개요는 다음과 같다.

<table>
<tr><th colspan="2">인구전망
연금 정책</th><th>고위
인구구조</th><th>표준
인구구조</th></tr>
<tr><td rowspan="3">중기
재정안정화 정책
: 2132년의 연금기금양이 현재 연금기금양의 6배가 되도록 목표.
2132년 이후의 연금 제도는 부분적 부과식 제도로 전환.</td><td>2071년까지 추가 소비세 0% 도입
2051년까지 연금보험요율 상향조정</td><td>$P0H$</td><td>$P0S$</td></tr>
<tr><td>2071년까지 추가 소비세 0.75% 도입
2051년까지 연금보험요율 상향조정</td><td>$P075H$</td><td>$P075S$</td></tr>
<tr><td>2071년까지 추가 소비세 1.5% 도입
2051년까지 연금보험요율 상향조정</td><td>$P150H$</td><td>$P150S$</td></tr>
</table>

제 4 장 시뮬레이션 결과

본 장에서는 표준 및 고위 시나리오 순으로 시뮬레이션의 결과를 제시하고 이를 해석한다. 각 시나리오 하에서 소비세의 크기에 따라 세 가지의 정책 대안이 존재한다. 각 정책 대안 하에서 연금 기금의 변화, 연금보험요율 조정을 살펴보고 후생분석을 통해 소비세의 역할에 대해 분석한다. 위의 분석을 각 인구구조 시나리오에 대해 수행함으로써 고령화정도가 바뀌었을 때 정책 대안의 변화가 어떠해야 하는지를 살펴본다.

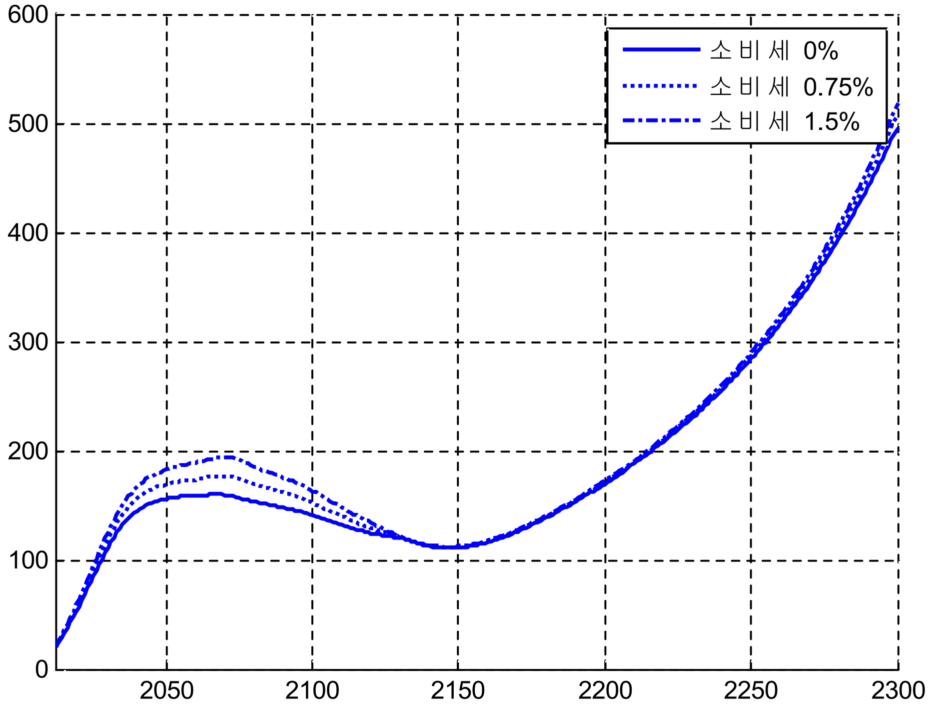
제 1 절 표준 인구구조 하에서의 정책 대안

1. 연금기금의 변화

[그림 4-1]에서 볼 수 있듯이 소비세를 큰 규모로 적용할수록 정책 적용기간인 2132년까지 연금기금이 그에 비례하여 더 많이 확립됨을 확인할 수 있다. 그러나 2132년이 되면 연금기금은 세 정책대안에서 모두 2012년 현재의 연금기금의 6배가 되어 정책 목표를 달성하고, 부분적 부과식 제도로 연금제도를 전환한 이후에는 동일한 양을 갖는다.[9] 또한 부분적 부과식 제도로 전환한 이후에는 연금 기금이 1인당 GDP의 증가율에 비례하여 지속적으로 증가함을 확인할 수 있다.

9) 그림에서 보이는 작은 차이는 모의실험 내의 tolerate 값에 의해 발생한 것이다. 이론적으로는 동일해야 한다.

[그림 4-1] 표준 인구구조 하에서의 연금 기금의 변화



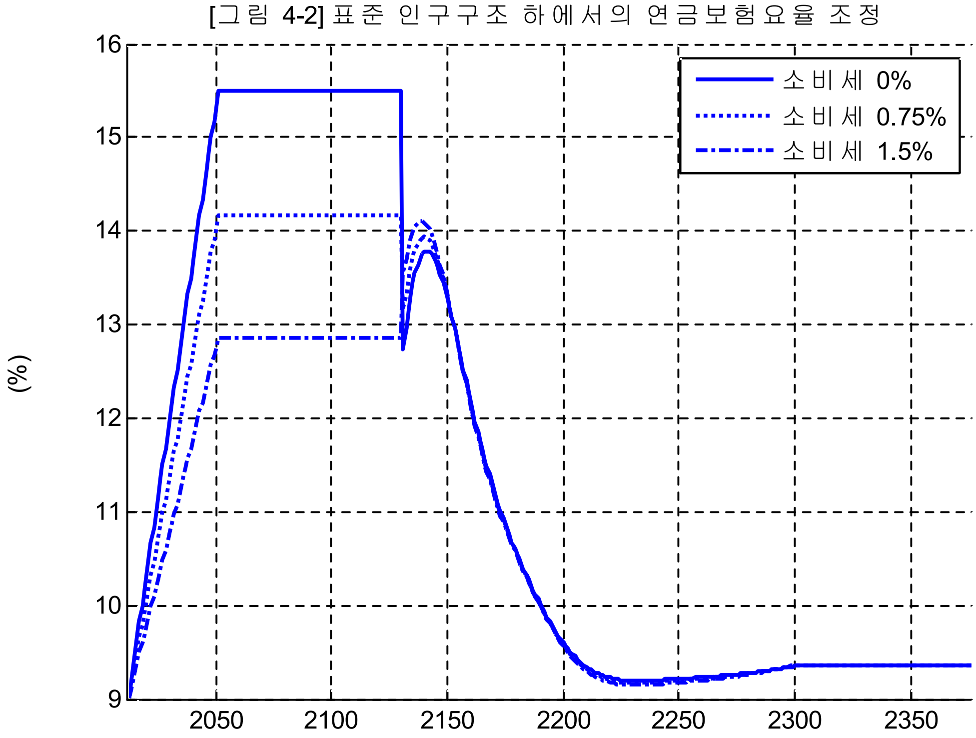
2. 연금보험요율의 조정

[그림 4-2]에서 볼 수 있듯이 연금보험요율은 $P0S$, $P075S$, $P150S$ 하에서 각각 15.5 퍼센트, 14.17 퍼센트, 12.86 퍼센트를 목표로 하여 상향 조정된다. 소비세를 0.75 퍼센트 추가 도입할 때마다 연금보험요율 인상폭을 약 1.32 퍼센트 정도 축소할 수 있음을 알 수 있다. 이는 향후 60년간 경제활동을 하는 세대의 소비세를 통해 연금기금을 확충함으로써 후세대의 부담을 줄여주는 결과라고 할 수 있다. 이것을 제 1절의 후생분석에서 자세하게 확인할 수 있다.

2132년 이후 부분적 부과식 제도로 연금제도가 전환된 이후에는 세 정책 대안에서 거의 동일한 연금보험요율 변화 양상을 보여준다. 전환 당해인 2132년의 노년부양비가 매우 높지만 부분적 부과식 제도의 특성으로 인해 전환 당해의 연금보험요율은 그리 높지 않다(12.74 퍼센트). 또

한 인구구조가 정상상태로 진입함에 따라 연금보험요율이 일정한 값으로 수렴하며 그 값이 약 9.3 퍼센트와 같음을 알 수 있다. 이는 현행의 연금보험요율과 거의 같은 수준인데, 정상상태에서의 노년부양비가 2012년 현재 노년부양비의 약 2배임을 고려할 때, 인구구조가 안정된 장기에서는 연금기금이 고갈되지 않는 안정적인 연금제도 하에서 연금기금의 이자소득을 통한 부분적 지원을 통해 상대적으로 높은 소득대체를 향유할 수 있음을 알 수 있다.

[그림 4-2] 표준 인구구조 하에서의 연금보험요율 조정



3. 후생분석

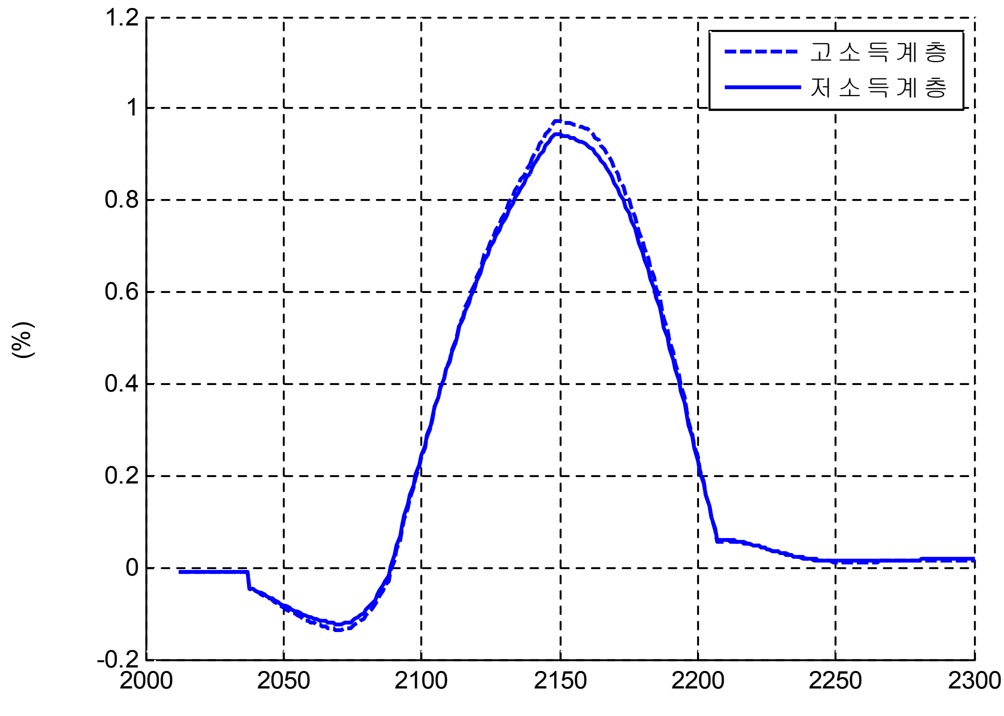
각 소득계층 및 세대에게 미치는 정책효과가 정책대안들 간에 어떻게 다른지를 분석하기 위해서는 정책대안 변화에 따른 소득계층별·세대별 후생의 변화를 살펴보아야 한다. 각 경제주체의 후생은 한 개인이 일생동안 누리는 효용을 그에 상응하는 동등가치자산(wealth equivalent)으로 전환하여 계산할 수 있다. 본 모형에서 사용한 가계의 효용함수는 소비

와 여가의 일차동차 함수이므로 동등가치자산의 변화율은 생애효용함수의 변화율에 의해서 나타낼 수 있다.10) 따라서 정책변화에 의한 후생변화는 생애효용함수의 변화율에 의해 포착된다.

$$(\text{후생변화}) = \left(\frac{U_{after}}{U_{before}} - 1\right) \times 100\,(\%)$$

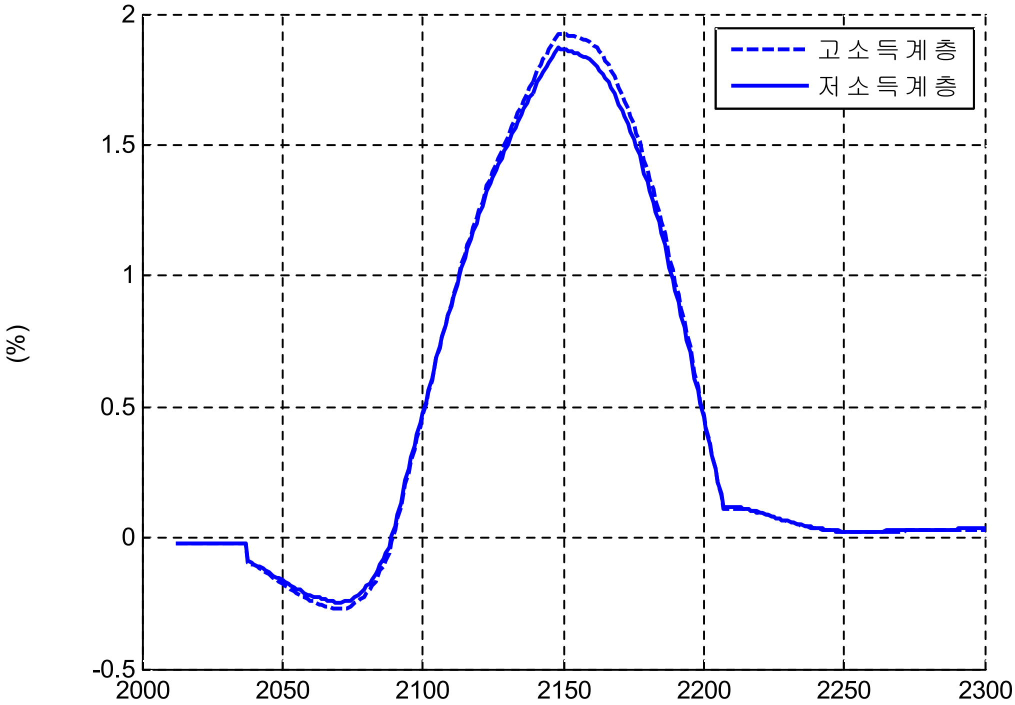
다음의 그림들은 표준 인구구조 하에서 소비세를 연금기금의 재원으로 도입했을 때의 소득계층별·세대별 후생변화(%)를 나타낸다. 그림의 각 점들은 각 세대의 후생변화를 표현하는데, 예를 들어 2051년에서의 후생변화 값이 -0.09 퍼센트 일 때, 이는 2051년에 경제 활동을 시작하여 2127년에 사망하는 세대의 후생이 0.09 퍼센트 감소했음을 의미한다. 또한 각 그림에서 실선은 저소득층, 점선은 고소득층의 후생 변화를 나타낸다.

[그림 4-3] 표준인구구조하에서 의각 소득계층별세대별후생의변화:
소비세0% 대비 소비세0.75%



10) 신성휘·최기홍(2010)

[그림 4-4] 표준 인구구조 하에서의 각 소득계층별, 세대별 후생의 변화: 소비세 0% 대비 소비세 1.5%



[그림 4-3] 및 [그림 4-4]에서 볼 수 있듯이 소비세의 도입은 현세대의 후생을 감소시키고 후세대의 후생을 증진시킨다. 후생 변화의 크기는 추가적으로 도입한 소비세의 크기에 비례함을 확인할 수 있다. 즉, 소비세를 연금기금의 재원으로서 적극적으로 활용할수록 미래 세대에 대한 후생 증진 효과는 크다. 미래 세대에 대한 후생 증진의 효과는 인구고령화정도가 낮아짐에 따라 조금씩 사라져 인구구조가 정상상태로 진입하는 2200년경부터는 거의 0의 값을 갖는다.

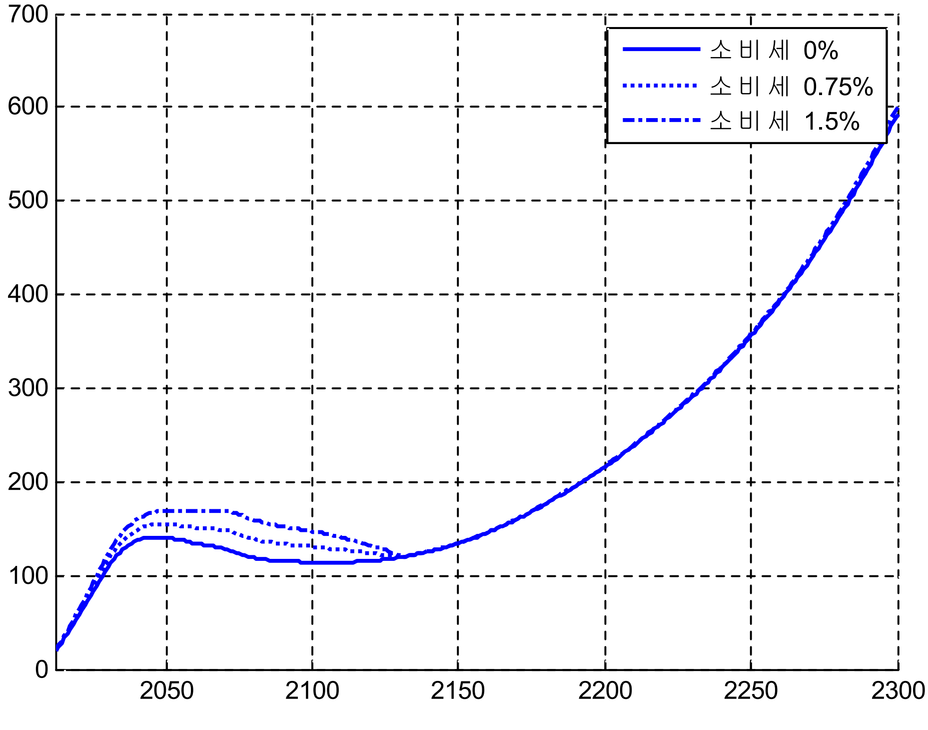
또한 후생의 변화는 소득계층 간에 차이가 거의 없음을 확인할 수 있다. 즉, 소비세를 도입하고 연금보험요율을 조정하는 정책은 모든 소득계층에 대해 동일한 영향을 미친다. 이는 연금보험료가 일종의 노동소득세임을 생각해보면 자연스러운 결과라고 할 수 있다.

제 2 절 고위 인구구조 하에서의 정책 대안

1. 연금기금의 변화

[그림 4-5]의 위에서부터 차례로 P_M150H, P_M075H, P_M0H 이다. 그림에서 보면, [그림 4-1]에서와 마찬가지로 소비세를 더 높게 적용할수록 정책 적용기간인 2132년까지 연금기금이 그에 비례하여 더 많이 확립됨을 확인할 수 있다. 또한 2132년이 되면 세 정책대안에서 모두 연금기금은 2012년 현재의 연금기금의 6배가 되어 정책목표를 달성한다. 부분적 부과식 제도로 연금제도를 전환한 이후에는 동일한 양을 갖으며 전환 이후에는 1인당 GDP의 증가율에 따라 자연스럽게 증가함을 확인할 수 있다.

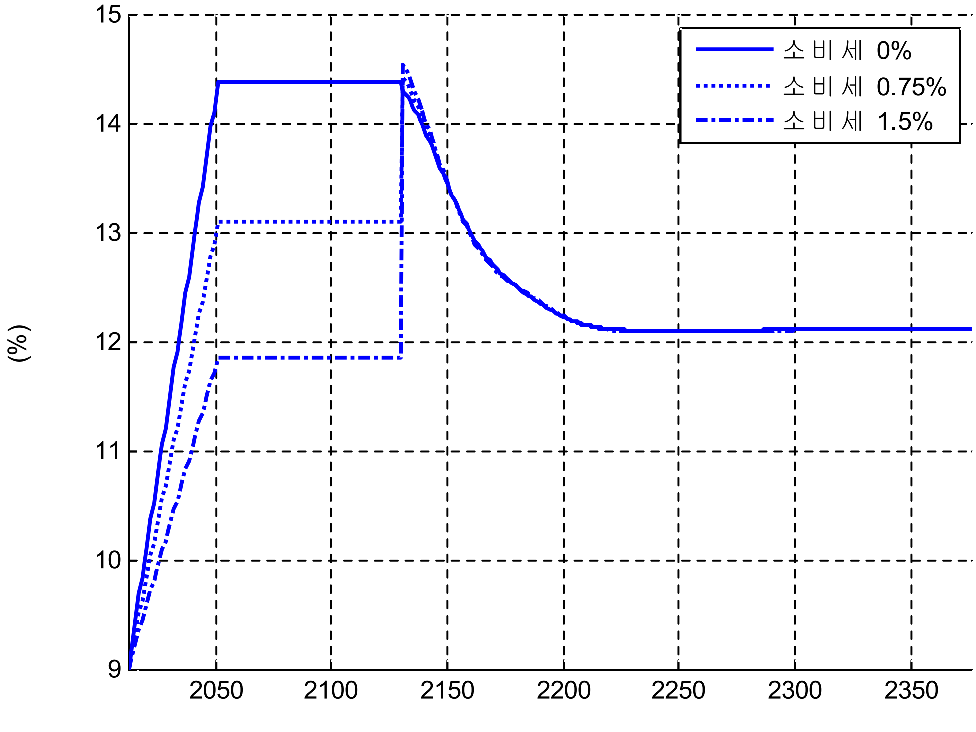
[그림 4-5] 고위 인구구조 하에서의 연금 기금의 변화



2. 연금보험요율의 조정

[그림 4-6]의 위에서부터 차례로 P_M0H, P_M075H, P_M150H 이다. 그림에서 볼 수 있듯이, 표준 인구구조 하에서와 동일하게 소비세를 0.75% 추가 도입할 때마다 연금보험요율을 약 1.4% 정도 내릴 수 있음을 보여주고 있다. 그러나 [그림 4-2] 와 비교해 보았을 때, 동일한 소비세 정책 하에서 연금보험요율의 인상폭이 각각 1% 정도씩 낮은 것을 확인할 수 있다. 이는 인구 고령화의 정도가 표준 인구구조보다 심각하지 않은 상황에서 연금 가입자 수 하락이 비교적 작기 때문이다. 따라서 고위 인구구조 하에서의 연금보험요율 상향조정 폭은 표준 인구구조 하에서 보다 작아야 하며 이로 인해 후세대의 연금 부담 증가가 줄어든다.

[그림 4-6] 고위 인구구조 하에서의 연금보험요율 조정



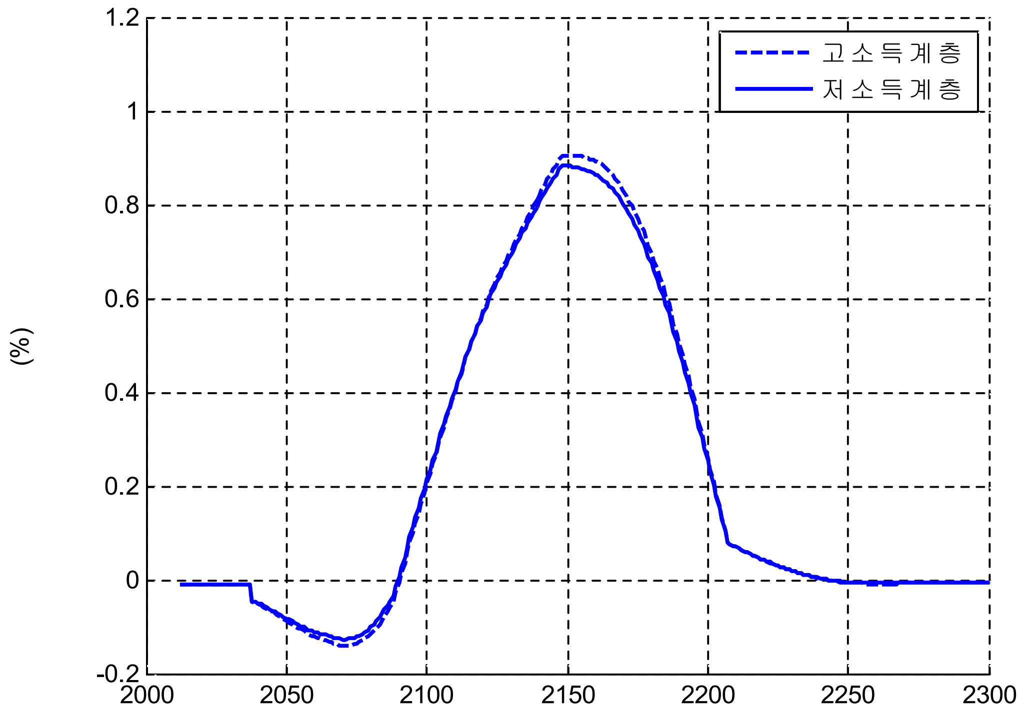
고위 인구구조 시나리오와 표준 인구구조 시나리오의 차이는 신생아수 증가율의 차이에서 기인하는데, 우[그림 3-1]에서 볼 수 있듯이 최고점

에서의 노년부양비의 차이가 약 13% 정도 차이가 나는 상황 하에서 공통된 연금 정책 목표를 달성하기 위해서는 약 1% 정도의 연금보험요율의 상대적 하향조정이 가능함을 알 수 있다.

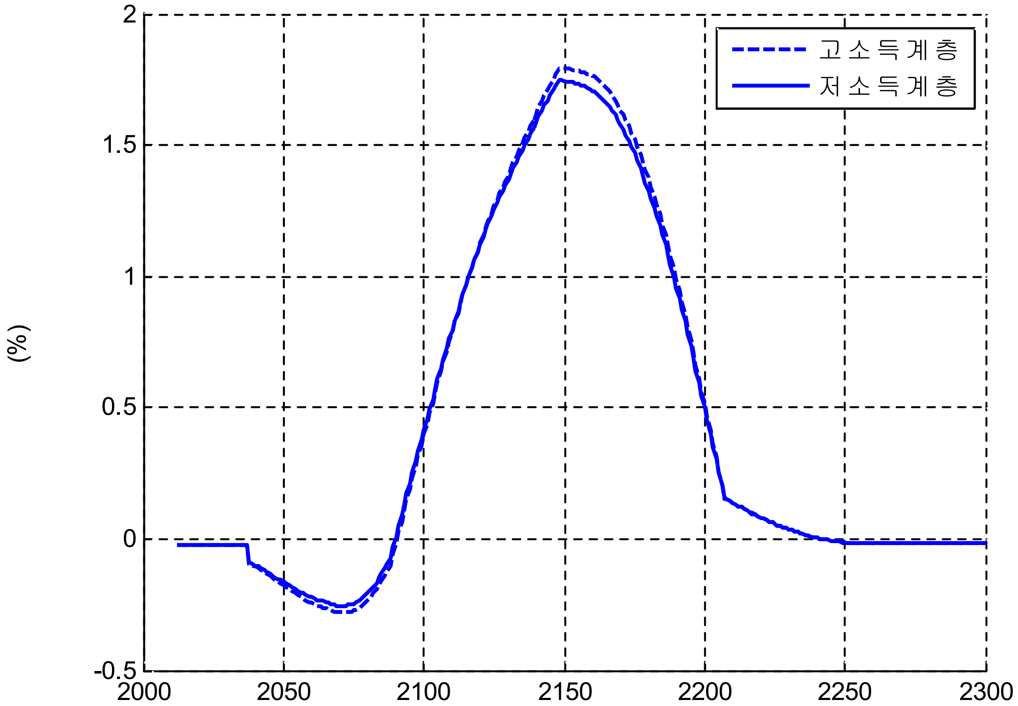
3. 후생 분석

[그림 4-7]과 [그림 4-8] 에서도 표준 인구구조 하에서와 마찬가지로 소비세의 크기에 비례하여 후생변화의 크기가 결정됨을 알 수 있다. 그러나 [그림 4-3] 과 [그림 4-7]을 비교하여 알 수 있듯이, 고위 인구 구조하 에서의 인구 고령화 정도가 표준 인구구조 보다 크지 않기 때문에 미래 세대의 후생 증진 효과는 감소된다.

[그림 4-7] 고위 인구구조 하에서의 각 소득계층별, 세대별 후생의 변화:
소비세 0% 대비 소비세 0.75%



[그림 4-8] 고위 인구구조 하에서의 각 소득계층별, 세대별 후생의 변화: 소비세 0% 대비 소비세 1.5%



제 5 장 결론

본 논문은 급속한 인구구조 고령화로 인해 우리나라 국민연금 기금의 재정이 악화되는 상황 하에서 국민연금 기금의 재정안정화를 위한 연금 제도의 개혁안을 제시하고 그 경제적 효과를 분석하였다.

모든 정책 대안은 2012년까지의 국민연금 제도 개혁안을 반영하였으며 특정 시점까지 일정 규모의 연금 기금을 유지하는 것을 재정안정화 정책의 목표로 한다. 외생적으로 설정된 공통된 목표 하에서 인구 고령화정도 다른 두 인구구조 시나리오 상정하고 각 시나리오에서 세 가지의 정책 대안을 검토하였다. 각 정책 대안은 소득대체율을 현행의 제도로 유

지한 상태에서 재정안정화 목표를 달성하기 위해 연금보험요율을 상향 조정하며 소비세를 기금의 재원으로 도입한다. 각 정책 대안의 차이점은 소비세의 도입 규모이며 외생적으로 결정된 소비세의 크기에 의해 연금보험요율 조정 규모가 모형 내에서 내생적으로 도출된다.

모의실험결과에 의하면, 각 인구구조 시나리오 하에서 소비세를 큰 규모로 도입할수록 소비세를 도입하지 않은 정책 대안과 비교하였을 때 상향 조정의 폭이 비례적으로 감소한다. 이로 인해 소비세의 부담을 지는 현세대의 후생은 하락하지만 연금보험요율의 감소로 인해 미래 세대의 후생은 증진된다. 후생의 변화량 역시 소비세의 규모에 비례한다. 또한 소비세의 도입이 각 소득계층의 후생변화에 미치는 영향은 동일한 것으로 나타났다. 인구구조의 고령화정도가 심각하지 않은 상황 하에서는 동일한 정책대안에 대해 연금보험요율의 인상폭이 감소함을 확인하였다. 이는 고령화정도가 심각하지 않을 때 연금 가입자의 수가 비교적 낮은 비율로 하락하기 때문이다. 그러나 소비세 도입으로 인한 후세대의 후생 증진 효과는 고령화정도가 큰 인구구조 하에서 보다 축소된다. 이는 인구고령화 정도가 심각할 것으로 예상되는 상황 하에서 소비세 도입했을 때 보다 큰 후세대의 후생증진을 기대할 수 있음을 시사한다.

본 모의실험 분석은 현재 예상되는 인구 고령화의 상황 하에서 특정 연금 정책의 목표를 달성하기 위한 소비세 및 연금보험요율 조정 정도를 제시하고, 소비세의 도입이 미래의 연금보험요율의 인상폭을 줄임으로써 세대 간 후생의 형평성을 향상시키는 결과를 보여주었으며, 인구 고령화의 정도가 현재의 추계와 다른 양상을 띨 때 정책 대응이 어떠해야 하는지를 제시했다는 점에서 정책적 시사점이 있다고 하겠다.

참 고 문 헌

[1] 국민연금발전위원회(2008), 『국민연금 장기재정추계 및 운영개선방향』, 국민연금재정추계위원회·국민연금운영개선위원회.

[2] 서성우(2010), “인구고령화와 경제성장”, 서울시립대학교 대학원

[3] 신성휘·최기홍(2010), “중첩세대 동태 일반균형 모형에 의한 국민연금 재정 정책의 세대내, 세대간 후생변화 분석”, 경제분석, 16권 2호. pp.1-46.

[4] 이삼식·신윤정·안선덕·김필숙·김형석(2007), 『국민연금 재정추계를 위한 인구전망 및 모형구축』, 한국보건사회연구원·국민연금연구원.

[5] 전영준(1997), “인구구조의 변동과 국민연금: 세대별 후생분석을 중심으로”, 『한국 경제의 분석』, 한국금융연구원, pp.110-153.

[6] 홍기석(2003), “고령화와 거시경제”, 「인구고령화의 경제적 영향과 대응과제(Ⅰ)」최경수 편저, 한국개발연구원

[7] 통계청(2012), 『2010-2060 장래인구추계』

[8] Altig, D., Auerbach, A.J., Kotlikoff, L.J., Smetters, K., Walliser, J.(2001), "Simulating fundamental tax reform in the US." American Economic Review, vol. 91, pp.574-595

[9] Auerbach, A.J., Kotlikoff, L.J.(1987), Dynamic Fiscal Policy, Cambridge University Press, Cambridge

[10] Miles, D.(1999), “Modelling the impact of demographic change upon economy”, Economic Journal, vol.109, pp.1-36.

부록 1 : 소비자의 최적해 계산

표기의 편의를 위해 연도를 나타내는 첨자는 생략한다. 예를 들어 c_i는 소비자가 i세일 때의 소비량을, τ_i는 소비자가 i세인 해의 연금보험요율을 뜻한다. 소비자는 다음의 최적화 문제를 푼다.

$$\max_{\{c_i, l_i\}} U = [\sum_{i=1}^{77} \beta_i x_i^{(1-1/\gamma)}]^{1/(1-1/\gamma)} \quad \text{(A-1.1a)}$$

$s.t.$

$$\sum_{i=1}^{77} d_i c_i (1+\tau_i^c) \le \sum_{i=1}^{re\_age} d_i y_i (1-\tau_i) + \sum_{i=re\_age}^{77} d_i PB_i \quad \text{(A-1.1b)}$$

$$l_i \le 1, \ (i = 1, \cdots, 77) \quad \text{(A-1.1c)}$$

단, $x_i = (c_i^{(1-1/\rho)} + \alpha l_i^{(1-1/\rho)})^{1/(1-1/\rho)}$

$$d_i = s^i / \prod_{j=1}^{i} (1 + r_j(1-\tau_j))$$

$$y_i = w_i^*(1-l_i), \ w_i^* = w_i h_i + \iota_i \quad \text{(A-1.1d)}$$

$$\beta_i = s^i/(1+\delta)^{i-1}, \ s^i = \prod_{j=1}^{i-1} s_j$$

$$PB_i = ERR_i \cdot PB \cdot \frac{\bar{y}_i}{\bar{y}_{re\_age}} \quad \text{(A-1.1e)}$$

식 (A-1.1e)의 연금수령액 PB_i를 다음과 같이 정리할 수 있다.

$$PB_i = PB \cdot \frac{\bar{y}_i}{\bar{y}_{re\_age}}$$

$$= \frac{1}{n}\left[\sum_{j=1}^{re\_age} ERR_j \cdot \left(\frac{\bar{y}_{re\_age} + y_j \dfrac{\bar{y}_{re\_age}}{\bar{y}_j}}{2}\right)\right] N \cdot \frac{\bar{y}_i}{\bar{y}_{re\_age}}$$
$$= \frac{1}{n}\left[\sum_{j=1}^{re\_age} ERR_j \cdot \frac{y_j}{\bar{y}_j} \cdot \left(\frac{1+1/\kappa}{2}\right)\right] \cdot N \cdot \bar{y}_i$$
$$= \frac{1}{n}\left[\sum_{j=1}^{re\_age} ERR_j \cdot \frac{y_j}{\bar{y}_j} \cdot K\right] \cdot N \cdot \bar{y}_i$$

단, $N = \dfrac{1+0.05(n-20)}{2}$, $n = 40$ 일 때 $N = 1$

κ는 소득계층별 유효 노동생산성 상수

따라서 예산제약식 (A-1.1b)은 다음과 같이 정리된다.

$$\sum_{i=1}^{77} d_i c_i (1+\tau_i^c) \le \sum_{i=1}^{re\_age} d_i y_i (1-\tau_i) + \sum_{i=re\_age}^{77}\left(d_i \frac{1}{n}\left[\sum_{j=1}^{re\_age} ERR_j \cdot \frac{y_j}{\bar{y}_j} \cdot K\right] \cdot N \cdot \bar{y}_i\right)$$
$$= \sum_{i=1}^{re\_age}\left[d_i (1-\tau_i) + \left(\sum_{j=re\_age}^{77} d_j \bar{y}_j \cdot \frac{1}{n} \cdot K \cdot N\right)\frac{ERR_i}{\bar{y}_i}\right] y_i$$
$$= \sum_{i=1}^{re\_age} \Phi_i y_i$$
$$= \sum_{i=1}^{77} \Phi_i y_i$$

네 번째 등호는 은퇴 이후 사망까지의 근로소득 $y_i, (i = re_age, \cdots, 77)$의 값이 0 이기 때문에 성립한다. 위의 예산제약식은 다음 식과 동치이다.

$$\sum_{i=1}^{77} d_i c_i (1+\tau_i^c) + \sum_{i=1}^{77} \Phi_i w_i^* l_i \le \sum_{i=1}^{77} \Phi_i w_i^* \qquad \text{(A-1.1b')}$$

여기서 x_i는 재화와 여가의 결합에 의해 생산된 복합재로서 해석된다. 식 (A-1.1)의 최적화 문제는 다음의 세 단계로 나누어 풀 수 있다. 소비자는 우선 복합재를 x_i 이상 소비하기 위한 비용을 최소화하는 문제를

푼다.

$$\min_{\{c_i, l_i\}} d_i(1+\tau_i^c)c_i + \Phi_i w_i^* l_i \tag{A-1.2}$$

$s.t.$

$$(c_i^{(1-1/\rho)} + \alpha\, l_i^{(1-1/\rho)})^{1/(1-1/\rho)} \geq x_i$$

식 (A-1.2)의 비용 최소화 문제를 풀면 다음의 해를 얻는다.

$$c_i = \left(\frac{p_i}{d_i(1+\tau_i^c)}\right)^{\rho} x_i \tag{A-1.3a}$$

$$l_i = \left(\frac{\alpha p_i}{\Phi_i w_i^*}\right)^{\rho} x_i \tag{A-1.3b}$$

단, $p_i = \left[(d_i(1+\tau_i^c))^{1-\rho} + \alpha^{\rho}(\Phi_i w_i^*)^{1-\rho}\right]^{1/(1-\rho)}$ (A-1.3c)

이제 소비자는 다음의 최적화 문제를 풀어 복합재 수요량 x_i를 결정한다.

$$\max_{\{x_i\}} U = [\sum_{i=1}^{77} \beta_i\, x_i^{(1-1/\gamma)}]^{1/(1-1/\gamma)} \tag{A-1.4}$$

$s.t.$

$$\sum_{i=1}^{77} p_i x_i \leq W, \quad W = \sum_{i=1}^{77} \Phi_i w_i^*$$

식 (A-1.4)의 최적화 문제를 풀면 다음의 해를 얻는다.

$$x_i = \left(\frac{\beta_i}{p_i}\right)^{\gamma} \cdot W \cdot p^{\gamma-1} \tag{A-1.5}$$

단, $p = (\sum_{i=1}^{77} p_i^{1-\gamma} \beta_i^{\gamma})^{1/(1-\gamma)}$

식 (A-1.3) 및 식 (A-1.5) 에 의해 최적화 문제의 닫힌 해가 결정된다. 그런데 이와 같이 결정된 최적해 l_i가 식 (A-1.1c)를 만족하지 않을 수 있다. 세 번째 단계로써 수치적 방법을 이용하여 l_i가 구석 해 ($l_i = 1$)를

갖는 경우의 최적해 $\{c_i, l_i\}$를 구한다. 우선 모든 $i = 1, \cdots, 77$ 에 대해 $\iota_i = 0$으로 놓고 식 (A-1.3) 및 식 (A-1.5)을 이용하여 l_i의 닫힌 해를 구한다. 이 값이 식 (A-1.1c)를 만족하면 수치적 방법을 이용할 필요 없이 최적화 문제의 해를 얻는다. 만약 l_i의 닫힌 해가 식 (A-1.1c)를 만족하지 않으면 $l_i = 1$로 두고 식 (A-1.3b) 및 (A-1.1c)으로부터 w_i^*과 ι_i를 얻는다. 이를 모든 $i = 1, \cdots, 77$ 에 대해 시행하여 새로운 $\{\iota_i\}$의 값을 얻은 후, 이를 이전의 $\{\iota_i\}$의 값과 가중 평균한 값을 $\{\iota_i\}$의 새로운 초기 값으로 설정한다. 모든 $i = 1, \cdots, 77$ 에 대해 이전의 ι_i값과 새로운 ι_i값의 차이가 일정한 크기 이하로 작아질 때까지 이러한 과정을 반복하여 최적해 $\{c_i, l_i\}$를 얻는다.

부록 2 : MATLAB code

1. run_final.m

```
function output =
 run_final(mode,tau_c_ini,yr_ste,yr_cha1,yr_cha2)
Pl = 120; % Target value of pension amount

disp(['mode = ' mode]);
disp(['tau c ini = ' num2str(tau_c_ini)]);
disp(' ');

close all

%% Make the target population

global psi
[psi popul] = pop_art(mode,200);

psi = [1;psi];


T = size(popul,2); % Duration of life
period = size(popul,1); % Duration of target period
period_g = period + T-1; % The number of target generations
whole_period = period + 2*(T-1);

yr_ste = yr_ste; % Starting year to stationary state (From now
= 1)
yr_cha1 = yr_cha1;
yr_cha2 = yr_cha2;
```

```
%% Parameters

tau_ini = 0.09;
tau_c_ini = tau_c_ini;


tau = [zeros(52,1); tau_ini*ones(whole_period-52,1)]; % Pension contribution rate

ERR1 = zeros(52,1);
ERR2 = 0.7*ones(11,1);
ERR3 = 0.6*ones(9,1);
ERR4 = [0.5:-0.005:0.4]';
ERR5 = 0.4*ones(whole_period-93,1);
ERR = [ERR1;ERR2;ERR3;ERR4;ERR5]; % Pension benefit payment rate

tau_c = zeros(whole_period,1); % Consumption tax for Pension revenue
tau_c(T:T-1+yr_cha2) = tau_c_ini;

n = [zeros(26,1);[20:1:46]';46*ones(whole_period-53,1)];

plot(1:1:whole_period,tau_c); title('consumption tax rate');
pause(3);

re_age = 46; % The last year of supplying labor

pension_ini = 20;

alpha=1.0; %weight on the leisure in the CES composite good function
delta=0.004; %time preference rate
gamma=0.50; %intertemporal elasticity of substitution
```

```
rho=1.1;%intratemporal elasticity of substitution between consumption and leisure
eta=0; %weight on the bequest in the utility function
tech=0.01; %technological progress rate
theta=0.25; %capital share in the total products
dampen=0.7; %dampening factor in updating capital
tol=0.01; %tolerance for iteration
ee=(1+tech).^([1:1:whole_period]'-T); % technology progress, ee(T) = 1

parameters = [alpha, delta, gamma, rho, eta, tech, theta, dampen, tol, re_age];


%% For plot
xrange = [1, 150];
xrange_iv = [1, T+2];


%% Make life-cycle Human Capital profile

h=ones(T,1); k=2; % labor productivity profile (Miles, 1999)

for k = 2:re_age
    h(k) = h(k-1)*(1.05-0.0006*((19+k)^2-(18+k)^2));
end

h(re_age+1:T) = 1e-5;


%% Main loop for General Equilibrium

% Initializing and updating capital and labor
```

```
capital = 10*ones(period,1);
labor = ones(period,1);
for i = 2:period
    capital(i) = capital(i-1)*(1+tech);
    labor(i) = labor(i-1)*(1+tech);
end

diff_kl = 9;
iter = 1;

while  ( max(abs(diff_kl) )  > tol) && (iter <= 300)

    kl = capital./labor;
    scale = ( 1 / (1-theta) )*(kl(1))^(-theta); % to make the
wage in 2012 = 1

    r = (scale*theta).*kl.^(theta-1);
    w = scale*(1-theta).*kl.^theta; % from 2012 to the last
year of the target period

    r = [r(1)*ones(T-1,1) ; r ; r(period)*ones(T-1,1)];
    w = [w(1)*ones(T-1,1) ; w ; w(period)*ones(T-1,1)];

    y = scale.*capital.^theta.*labor.^(1-theta);
    y_cap = y./sum(popul,2);

    y_cap_whole  =  [y_cap(1).*((1+tech).^([1:1:T-1]'-T))  ;
y_cap ; y_cap(period).*((1+tech).^([1:1:T-1]'))];


%% Solve the household problem for generations

    % for High
    assetg_h = zeros(period_g,T);
```

```
laborg_h = zeros(period_g,T);
real_laborg_h = zeros(period_g,T);
consumg_h = zeros(period_g,T);
wincomeg_h = zeros(period_g,T);
incomeg_h = zeros(period_g,T);
BPAg_h = zeros(period_g,T);
savingRate_h = zeros(period_g,T);

utilg_h = zeros(period_g,1);
beqg_h = zeros(period_g,1);


% for Low
assetg_l = zeros(period_g,T);
laborg_l = zeros(period_g,T);
real_laborg_l = zeros(period_g,T);
consumg_l = zeros(period_g,T);
wincomeg_l = zeros(period_g,T);
incomeg_l = zeros(period_g,T);
BPAg_l = zeros(period_g,T);
savingRate_l = zeros(period_g,T);

utilg_l = zeros(period_g,1);
beqg_l = zeros(period_g,1);

% aggregate
assetg = zeros(period_g,T);
laborg = zeros(period_g,T);
consumg = zeros(period_g,T);
wincomeg = zeros(period_g,T);
incomeg = zeros(period_g,T);

utilg = zeros(period_g,1);
beqg = zeros(period_g,1);
```

```
BPAg = zeros(period_g,1);

%% For PAYG of stationary state

iter_PAYG = 1;
charge_PAYG = ones(period-(yr_ste-1),1);

F = ones(period+1,1); % for all year
F(1) = pension_ini;

while   (   max(abs(charge_PAYG)   )   >   tol)   ||   (
abs(F(yr_ste)-Pl)  >  max(1e-1,1/iter^2))  &&  (iter  <=  300)   %
for PAYG
    for g = 1:1:26 % Generations from 1936 to 1961

        wg_h = w(g:g+T-1);
        wg_l = w(g:g+T-1);

        rg = r(g:g+T-1);

        tau_cg = tau_c(g:g+T-1);

        hg_h = 1.3*h.*ee(g:g+T-1);
        hg_l = 0.7*h.*ee(g:g+T-1);

        alphag = alpha*ee(g)^(1-1/rho);

        transferg = zeros(T,1);

        if (g <= T)
            transferg(1) = 0;
        else
            transferg(1) = beqg(g-T);
        end
```

```
        % High income house hold
        [asset_h labor_h consum_h wincome_h income_h util_h
beq_h leisu_h BPA_h] ...
            =
hp_final_nonpen(wg_h,rg,hg_h,alphag,transferg,parameters,
psi,tau_cg);

        %Low income house hold
        [asset_l labor_l consum_l wincome_l income_l util_l
beq_l leisu_l BPA_l] ...
            =
hp_final_nonpen(wg_l,rg,hg_l,alphag,transferg,parameters,psi,
tau_cg);

        %save each generation's
        assetg_h(g,:)=asset_h';
        laborg_h(g,:)=labor_h';
        real_laborg_h(g,:) = (ones(T,1) - leisu_h)';
        consumg_h(g,:)=consum_h';
        wincomeg_h(g,:)=wincome_h';
        incomeg_h(g,:)=income_h';
        BPAg_h(g,:) = BPA_h;
        savingRate_h(g,:) = (income_h - consum_h)./income_h;

        utilg_h(g)=util_h;
        beqg_h(g)=beq_h;

        assetg_l(g,:)=asset_l';
        laborg_l(g,:)=labor_l';
        real_laborg_l(g,:) = (ones(T,1) - leisu_l)';
        consumg_l(g,:)=consum_l';
        wincomeg_l(g,:)=wincome_l';
        incomeg_l(g,:)=income_l';
```

```
    BPAg_l(g,:) = BPA_l;
    savingRate_l(g,:) = (income_l - consum_l)./income_l;

    utilg_l(g)=util_l;
    beqg_l(g)=beq_l;


    % aggregate High and Low
    assetg = 0.5*assetg_h + 0.5*assetg_l;
    laborg = 0.5*laborg_h + 0.5*laborg_l;
    consumg =  0.5*consumg_h + 0.5*consumg_l;
    wincomeg = 0.5*wincomeg_h + 0.5*wincomeg_l;
    incomeg = 0.5*incomeg_h + 0.5*incomeg_l;
    utilg = 0.5*utilg_h + 0.5*utilg_l;
    BPAg = 0.5*BPAg_h + 0.5*BPAg_l;
    beqg = 0.5*beqg_h + 0.5*beqg_l;

end  %end of household optimization

for g = 27:1:period_g % Generations from 1962 to 2300

    ng = n(g);
    y_capg = y_cap_whole(g:g+T-1);

    tau_cg = tau_c(g:g+T-1);
    ERRg = ERR(g:g+T-1);
    taug = tau(g:g+T-1);

    wg_h = w(g:g+T-1);
    wg_l = w(g:g+T-1);

    kai_h = 0.5+0.5*1/1.3;
    kai_l = 0.5+0.5*1/0.7;
```

```
        rg = r(g:g+T-1);

        hg_h = 1.3*h.*ee(g:g+T-1);
        hg_l = 0.7*h.*ee(g:g+T-1);

        alphag = alpha*ee(g)^(1-1/rho);

        transferg = zeros(T,1);

        if (g <= T)
            transferg(1) = 0;
        else
            transferg(1) = beqg(g-T);
        end

        % High income house hold
        [asset_h labor_h consum_h wincome_h income_h util_h
beq_h leisu_h BPA_h] ...
            =
hp_final_pen(wg_h,rg,hg_h,alphag,transferg,parameters,kai_h,p
si,taug, tau_cg, ERRg, ng, y_capg);

        % Low income house hold
        [asset_l labor_l consum_l wincome_l income_l util_l
beq_l leisu_l BPA_l] ...
            =
hp_final_pen(wg_l,rg,hg_l,alphag,transferg,parameters,kai_l,p
si,taug, tau_cg, ERRg, ng, y_capg);

        % save each generation's
        assetg_h(g,:)=asset_h';
        laborg_h(g,:)=labor_h';
        real_laborg_h(g,:) = (ones(T,1) - leisu_h)';
        consumg_h(g,:)=consum_h';
```

```
        wincomeg_h(g,:)=wincome_h';
        incomeg_h(g,:)=income_h';
        BPAg_h(g,:) = BPA_h;
        savingRate_h(g,:) = (income_h - consum_h)./income_h;

        utilg_h(g)=util_h;
        beqg_h(g)=beq_h;

        assetg_l(g,:)=asset_l';
        laborg_l(g,:)=labor_l';
        real_laborg_l(g,:) = (ones(T,1) - leisu_l)';
        consumg_l(g,:)=consum_l';
        wincomeg_l(g,:)=wincome_l';
        incomeg_l(g,:)=income_l';
        BPAg_l(g,:) = BPA_l;
        savingRate_l(g,:) = (income_l - consum_l)./income_l;

        utilg_l(g)=util_l;
        beqg_l(g)=beq_l;


        % aggregate High and Low
        assetg = 0.5*assetg_h + 0.5*assetg_l;
        laborg = 0.5*laborg_h + 0.5*laborg_l;
        consumg =  0.5*consumg_h + 0.5*consumg_l;
        wincomeg = 0.5*wincomeg_h + 0.5*wincomeg_l;
        incomeg = 0.5*incomeg_h + 0.5*incomeg_l;
        utilg = 0.5*utilg_h + 0.5*utilg_l;
        BPAg = 0.5*BPAg_h + 0.5*BPAg_l;
        beqg = 0.5*beqg_h + 0.5*beqg_l;

    end  %end of household optimization

% Transform the variable from generation to year
```

```
        assetc = conversion(assetg);
        laborc = conversion(laborg);
        consumc = conversion(consumg);
        wincomec = conversion(wincomeg);
        incomec = conversion(incomeg);
        BPAc = conversion(BPAg);


    % Pension charge

    % front
        [x,fval] = fminsearch(@(x)...

tot_def_final(x,r,pension_ini,BPAc,wincomec,consumc,popul,tau
_c,re_age,...
        yr_ste,yr_cha1, tau(T),T,Pl),tau(T-1+yr_cha1));
        disp(['.tau cha = ' num2str(x)]);
        disp(['.fval = ' num2str(fval)]);

        tau(T-1+yr_cha1)          =          dampen.*x          +
(1-dampen).*tau(T-1+yr_cha1);

        del_tau1 = (tau(T-1+yr_cha1)-tau(T))/(yr_cha1 - 1);
        for i = T:T-1+yr_cha1-1
            tau(i+1) = tau(i) + del_tau1;
        end

        tau(T-1+yr_cha1:T-1+yr_ste-1) = tau(T-1+yr_cha1);

    % back

        ratio                                                    =
sum(popul(yr_ste:period,re_age+1:T),2)./sum(popul(period,re_a
ge+1:T),2);
```

```
        Pl_s = zeros(period-yr_ste+1,1);
        Pl_s(1) = Pl;
        for i = 1:1:period-yr_ste;
            Pl_s(i+1) = Pl_s(i)*(1+r(T-1+yr_ste+i)*(1-ratio(i))+ratio(i)*tech);
        end

        tauu = (-ratio.*Pl_s.*(r(T-1+yr_ste:period_g)-tech)+...
sum(BPAc(yr_ste:period,re_age+1:T).*popul(yr_ste:period,re_age+1:T),2)...
-tau_c(T-1+yr_ste:period_g).*sum(consumc(yr_ste:period,:).*popul(yr_ste:period,:),2) )...
./sum(wincomec(yr_ste:period,1:re_age).*popul(yr_ste:period,1:re_age),2);

    % updating
        tau(T-1+yr_ste:period_g) = dampen.*tauu + (1-dampen).*tau(T-1+yr_ste:period_g);
        tau(period_g+1:whole_period) = ones(T-1,1)*tau(period_g);

    %
        charge = zeros(period,1);

        for i = 1:period % year
            charge(i) = sum(BPAc(i,re_age+1:T).*popul(i,re_age+1:T),2)...
            - ( tau(T-1+i)*sum(wincomec(i,1:re_age).*popul(i,1:re_age),2)...
           + tau_c(T-1+i)*sum(consumc(i,:).*popul(i,:),2) );
```

```
        end

        charge_PAYG        =        charge(yr_ste:period)        -
ratio.*Pl_s.*(r(T-1+yr_ste:period_g)-tech);


    % pension  (for plotting)

        for i = 1:period % year
            F(i+1) = (1+r(T-1+i))*F(i) - charge(i);
        end

        F = F(1:period,:);

        disp(['.    maximum    of    charge    PAYG    =    '
num2str(max(abs(charge_PAYG)))]);
        disp(['. F(yr ste) = ' num2str(F(yr_ste))]);

        figure(15);
        subplot(1,2,1)
        plot(1:1:whole_period-(T-1),tau(T:whole_period));
title('Pension contribution rate');
        grid on
        subplot(1,2,2)
        plot(1:1:period,F); title('Total pension amount');
        grid on

        disp(['.    number    of    iter    of    PAYG    =    '
num2str(iter_PAYG)]);
        iter_PAYG = iter_PAYG+1;

    end
```

```
%% Aggregation of capital and labor for updating for the period

    capital_private = sum(assetc.*popul,2);
    capitalu = capital_private + min(F,1e3); % 296*1

    figure(10)
    subplot(1,3,1)
    plot(1:1:period,min(F,1e3)),      title('Total      Pension
amount');
    subplot(1,3,2)
    plot(1:1:period,capital_private),           title('Capital
private');
    subplot(1,3,3)
    plot(1:1:period,capitalu), title('Total capital');


    laboru = sum(laborc.*popul,2);

    num_zero_laboru = sum(laboru == 0);
    disp(['.      number      of      zero      labor      =      '
num2str(num_zero_laboru)]);

    wincomeu = sum(wincomec.*popul,2);
    incomeu = sum(incomec.*popul,2);

    diff_kl = capitalu./laboru - kl;
    disp(['.       maximum       of       diff_kl       =       '
num2str(max(abs(diff_kl)))]);

    capital = dampen.*capitalu + (1-dampen).*capital;
    labor = dampen.*laboru + (1-dampen).*labor;

    disp(['. number of iter = ' num2str(iter)]);
    iter=iter+1;
```

```
end % The end of Main loop for General Equilibrium


%% Reporting

figure(1)
plot(1:1:period, capitalu,'b-o'); xlim(xrange); title('whole
capital')

figure(2);
subplot(1,2,1)
plot(1:1:period, F','-*')
%xlim(xrange);
title('Pension amount')
grid on

figure(2);
subplot(1,2,2)
plot(1:1:period, charge,'r-*')
%xlim(xrange);
title('Deficit amount of each year')
grid on
hold off

%% growth
y = scale.*capital.^theta.*labor.^(1-theta);
y_capita = y./sum(popul,2);

y_growth = zeros(period-1,1);
y_cap_growth = zeros(period-1,1);
for i = 1:period-1
    y_growth(i) = y(i+1)/y(i);
```

```
    y_cap_growth(i) = y_capita(i+1)/y_capita(i);
end

figure(3)
subplot(1,2,1)
plot(1:1:period,y)
%xlim(xrange);
title('y ')
subplot(1,2,2)
plot(1:1:period-1,y_growth)
%xlim(xrange);
title('y growth')

figure(4)
subplot(1,2,1)
plot(1:1:period, y_capita)
%xlim(xrange);
title('y capita')
subplot(1,2,2)
plot(1:1:period-1, y_cap_growth)
%xlim(xrange);
title('y cap growth')

figure(6)
plot(1:1:whole_period,r); title('interest rate')
grid on

%% Indv reporting

xx = 1:1:T;

figure(5);
subplot(2,3,1)
plot(xx,assetg_h(T,:),'b'); title('asset')
```

```
hold on
plot(xx,assetg_l(T,:),'r'); title('asset')
xlim(xrange_iv)
hold off
grid on

subplot(2,3,2)
hold on
for i = T:10:period_g
    plot(xx,real_laborg_h(i,:),'b');
end
title('real labor supply')
xlim(xrange_iv)
hold off
grid on

subplot(2,3,3)
plot(xx,wincomeg_h(T,:),'b'); title('w income')
hold on
plot(xx,wincomeg_l(T,:),'r'); title('w income')
xlim(xrange_iv)
hold off
grid on

subplot(2,3,4)
plot(xx,incomeg_h(T,:),'b'); title('total income')
hold on
plot(xx,incomeg_l(T,:),'r'); title('total income')
xlim(xrange_iv)
hold off
grid on

subplot(2,3,5)
plot(xx,consumg_h(T,:),'b'); title('consumption')
```

```
hold on
plot(xx,consumg_l(T,:),'r'); title('consumption')
xlim(xrange_iv)
hold off
grid on

subplot(2,3,6)
plot(xx,savingRate_h(T,:),'b'); title('saving rate')
hold on
plot(xx,savingRate_l(T,:),'r'); title('saving rate')
xlim(xrange_iv)
hold off
grid on

%% save

save('output.mat','tau','ERR','tau_c','capitalu',...

'utilg_h','utilg_l','r','w','charge','F','y','y_capita','y_gr
owth',...

'y_cap_growth','BPAg_h','BPAg_l','consumg_h','consumg_l',...
    'wincomeg_h','wincomeg_l','re_age')
output = load('output.mat');

pause(3);
end
```

2. tot_def_final.m

```
function y =
tot_def_final(tau_cha,r,pension_ini,BPAc,wincomec,consumc,pop
ul,tau_c,re_age,...
```

```
    yr_ste,yr_cha1,tau_ini,T,Pl)

tau = tau_ini*ones(yr_ste-1,1);

del_tau1 = (tau_cha-tau_ini)/(yr_cha1 - 1);
for i = 1:yr_cha1-1
    tau(i+1) = tau(i) + del_tau1;
end

tau(yr_cha1:yr_ste-1) = tau_cha;

charge = zeros(yr_ste-1,1);

for i = 1:yr_ste-1 % year
    charge(i)                                            =
sum(BPAc(i,re_age+1:T).*popul(i,re_age+1:T),2)...
            -                                            (
tau(i)*sum(wincomec(i,1:re_age).*popul(i,1:re_age),2)...
           + tau_c(T-1+i)*sum(consumc(i,:).*popul(i,:),2) );
end

% pension
F = ones(yr_ste,1);
F(1) = pension_ini;

for i = 1:yr_ste-1 % year
    F(i+1) = (1+r(T-1+i))*F(i) - charge(i);
end

y = abs(F(yr_ste)-Pl);
```

3. pop_art.m

```
function [sur_rate pop_art] = pop_art(mode,
length_of_SteadyState)

%% Newly-born generation construction
yr_first = 8; % yr2005 = 1

rate_high = 0.3;
rate_low = 1.12;
rate_NoAging = 0;

popul = xlsread('pop.xlsx');
popul = popul';

pop_ini = popul(:,1); % Newly-born generation
pop_ini_gr = pop_ini(yr_first+1:96)./pop_ini(yr_first:95); %
Growth rate of Newly-born generation

for i = 76-(yr_first-1):1:95-(yr_first-1)
    pop_ini_gr(i) = pop_ini_gr(i-1) +
(1-pop_ini_gr(75-(yr_first-1)))/20;
end % Adjustment for smooth convergence

if mode == 'S'
    pop_ini_gr = [pop_ini_gr; ones(length_of_SteadyState,1)];
elseif mode == 'H'
    pop_ini_gr = (pop_ini_gr-1)*rate_high + 1;
    pop_ini_gr = [pop_ini_gr; ones(length_of_SteadyState,1)];
elseif mode == 'L'
    pop_ini_gr = (pop_ini_gr-1)*rate_low + 1;
    pop_ini_gr = [pop_ini_gr; ones(length_of_SteadyState,1)];
elseif mode == 'N'
    pop_ini_gr = (pop_ini_gr-1)*rate_NoAging + 1;
```

```
    pop_ini_gr = [pop_ini_gr; ones(length_of_SteadyState,1)];
end % For each mode

figure()
plot(1:1:95-(yr_first-1)+length_of_SteadyState,pop_ini_gr,'*-
b');
title('Growth rate of Newly-born generation');


%% Survival rate construction

data = xlsread('prob_survi_2012.xlsx');
sur_rate = data(:,7);
sur_rate_cond = zeros(95,1);
sur_rate_cond(2:95) = sur_rate(2:95)./sur_rate(1:94);
sur_rate_cond(1) = sur_rate(1);

sur_rate = sur_rate(20:95)/sur_rate(19);

%% population construction

pop_art = zeros(length_of_SteadyState+96-(yr_first-1),96);
pop_art(1,:) = popul(1,:)/popul(1,1);

for i = 2:length_of_SteadyState+96-(yr_first-1)
    pop_art(i,1) = pop_art(i-1,1)*pop_ini_gr(i-1);
    for j = 2:96
        pop_art(i,j) = pop_art(i-1,j-1)*sur_rate_cond(j-1);
    end
end

pop_art = pop_art(:,20:96);

%% ploting
```

```
x_lim = [2011, 2011+length_of_SteadyState+96-(yr_first-1)];
xx = 1:1:77;

figure()
plot(2011+1:1:2011+length_of_SteadyState+96-(yr_first-1),
sum(pop_art,2),'LineWidth',2);
xlim(x_lim);
title('The number of whole population')
grid on


pop_old = sum(pop_art(:,66-19:96-19),2);
pop_young = sum(pop_art(:,20-19:65-19),2);

dep_ratio = pop_old./pop_young;
ratio = pop_old/pop_old(size(pop_old,1));

figure()
plot(1:1:size(ratio,1), ratio); title('ratio')
ratio(120)
grid on


figure()
subplot(1,2,1)
plot(2011+1:1:2011+length_of_SteadyState+96-(yr_first-1),
pop_old,'b-','LineWidth',2);
hold on
plot(2011+1:1:2011+length_of_SteadyState+96-(yr_first-1),
pop_young,'r:','LineWidth',2)
xlim(x_lim);
hold off
grid on
```

```
subplot(1,2,2)
plot(2011+1:1:2011+length_of_SteadyState+96-(yr_first-1),
dep_ratio, 'LineWidth',2); title('Dependent ratio');
xlim(x_lim);
grid on
```

4. hp_final_nonpen.m

```
function [assetg laborg consug wincome incomeg util beqg
leisug BPA] = ...
    hp_final_nonpen(wg,rg,hg,alphag,transferg,parameters,psi,
tau_c)
alpha = parameters(1);
delta = parameters(2);
gamma = parameters(3);
rho = parameters(4);
eta = parameters(5);
tech = parameters(6);
theta = parameters(7);
dampen = parameters(8);
tol = parameters(9);
re_age = parameters(10);

%%
% Define the subjective and market discount rate
T = size(wg,1);

timepref=ones(T,1);
for k = 2:T
    timepref(k)=timepref(k-1)/(1+delta);
end % time preference rate

timepref = timepref.*psi;
```

```
disctg = ones(T+1,1);
for k = 2:T+1
    disctg(k) = disctg(k-1)/(1+rg(k-1)); % tau(re_age+1) = 0 "
*(1-tau(k-1)*(k-1 <= re_age))"
end
disctg = disctg(2:T+1,:);
disctg = disctg.*psi; % discount rate

nu0 = zeros(T,1);
nug = zeros(T,1); % initial value for the Lagrangian

iter = 0;
dif = 1; % measure of updating accuracy

while max(abs(dif)) > 1e-4

    wstar = hg.*wg + nu0; % shadow price of time

    id    =    sum((wstar+transferg).*disctg);    %    potential
lifetime-wealth
    pt  =  (1+alphag.^rho.*wstar.^(1-rho)).^(1/(1-rho)); % price
of the composites
    pu                                                          =
(sum(timepref.^gamma.*(pt.*disctg).^(1-gamma))).^(1/(1-gamma)
);
        % price of one unit of utility
    xt                                                          =
(timepref.^gamma.*id)./((pt.*disctg).^gamma.*pu.^(1-gamma));
        % the consumption for composites
    beqg   =   (pu*eta*timepref(T)/disctg(T))^gamma*(id/pu);   %
scalar

    consug = pt.^rho.*xt;
```

```
    leisug = (alphag.*pt./wstar).^rho.*xt;

    for i = 1:T
        if ( leisug(i) >= 1 )
            nug(i) = alphag.*pt(i).*xt(i).^(1/rho)-hg(i)*wg(i);
            leisug(i) = 1;
        else
            nug(i) = 0;
       end
    end

    dif = nug - nu0;
    nu0 = 0.5*nu0 + 0.5*nug;

    iter = iter + 1;
end  % end of household lifecycle optimization

laborg = hg.*(1-leisug); %61*1, effective

%% new
assetg = zeros(T,1);

wincome = wstar.*(1-leisug); % Before tax

for k = 1:T-1
    assetg(k+1)    =    (psi(k+1)/psi(k))^(-1)    *    (assetg(k)    +
rg(k)*assetg(k) + wincome(k)...
        - consug(k)*(1+tau_c(k)));
end

rincome = assetg.*rg; %61*1

incomeg = wincome + rincome; %61*1, Before tax
```

```
util                                                              =
sum(timepref.*((consug.^(1-1/rho)+alpha.*leisug.^(1-1/rho)).^
(1/(1-1/rho))).^(1-1/gamma)).^(1/(1-1/gamma))*1e+8; % utility
function, scalar

BPA = zeros(T,1);
end
```

5. hp_final_pen.m

```
function  [assetg  laborg  consug  wincome  incomeg  util  beqg
leisug BPA] = ...
   hp_final_pen(wg,rg,hg,alphag,transferg,parameters,kai,psi,
tau, tau_c, ERR, n, y_cap)
alpha = parameters(1);
delta = parameters(2);
gamma = parameters(3);
rho = parameters(4);
eta = parameters(5);
tech = parameters(6);
theta = parameters(7);
dampen = parameters(8);
tol = parameters(9);
re_age = parameters(10);

%%
% Define the subjective and market discount rate
T = size(wg,1);
N = (1+0.05*(n-20))/2;

timepref=ones(T,1);
for k = 2:T
   timepref(k)=timepref(k-1)/(1+delta);
```

```
end % time preference rate

timepref = timepref.*psi;

disctg = ones(T+1,1);
for k = 2:T+1
    disctg(k) = disctg(k-1)/(1+rg(k-1)); % tau(re_age+1) = 0 " *(1-tau(k-1)*(k-1 <= re_age))"
end
disctg = disctg(2:T+1,:);
disctg = disctg.*psi; % discount rate

nu0 = zeros(T,1);
nug = zeros(T,1); % initial value for the Lagrangian

iter = 0;
dif = 1; % measure of updating accuracy

while max(abs(dif)) > 1e-4

    wstar = hg.*wg + nu0; % shadow price of time

    K = sum(disctg(re_age+1:T,:).*y_cap(re_age+1:T,:)*N*kai/n);

    phi = disctg.*(1-tau) + K.*ERR./y_cap;

    id = sum((wstar+transferg).*phi); % potential lifetime-wealth
    pt = ((disctg.*(1+tau_c)).^(1-rho) + alphag.^rho.*(phi.*wstar).^(1-rho)).^(1/(1-rho));
        % price of the composites
    pu = (sum(timepref.^gamma.*pt.^(1-gamma))).^(1/(1-gamma));
        % price of one unit of utility
```

```
    xt = (timepref./pt).^gamma.*id./pu.^(1-gamma);
        % the consumption for composites
    beqg  =  (pu*eta*timepref(T)/disctg(T))^gamma*(id/pu);  %
scalar

    consug = (pt./(disctg.*(1+tau_c))).^rho.*xt;
    leisug = (alphag.*pt./(phi.*wstar)).^rho.*xt;

    for i = 1:T
        if ( leisug(i) >= 1 )
            nug(i)                                                =
alphag.*pt(i)./phi(i).*xt(i).^(1/rho)-hg(i)*wg(i);
            leisug(i) = 1;
        else
            nug(i) = 0;
       end
    end

    dif = nug - nu0;
    nu0 = 0.5*nu0 + 0.5*nug;

    iter = iter + 1;
end  % end of household lifecycle optimization

laborg = hg.*(1-leisug); %61*1, effective

%% new
assetg = zeros(T,1);

wincome = wstar.*(1-leisug); % Before tax
BPA                =                [zeros(re_age,1)               ;
sum(N*kai*ERR(1:re_age,:).*wincome(1:re_age,:)./y_cap(1:re_ag
e,:)).*y_cap(re_age+1:T,:)/n];
```

```
for k = 1:T-1
    assetg(k+1)    =    (psi(k+1)/psi(k))^(-1)    *    (assetg(k)    +
rg(k)*assetg(k) + wincome(k)*(1-tau(k)*(k <= re_age))...
        + BPA(k) - consug(k)*(1+tau_c(k)));
end

%assetg = assetg(1:T,:); % 61*1
rincome = assetg.*rg; %61*1

incomeg = wincome + rincome; %61*1, Before tax
util                                                                    =
sum(timepref.*((consug.^(1-1/rho)+alpha.*leisug.^(1-1/rho)).^
(1/(1-1/rho))).^(1-1/gamma)).^(1/(1-1/gamma))*1e+8; % utility
function, scalar

end
```

5. conversion.m

```
function y = conversion(mat)

length = size(mat,1);
width = size(mat,2);
y = zeros( length+1-width, width);

for i = 1:width
    y(:,i) = mat(width+1-i:length+1-i, i);
end

end
```

Abstract

Welfare effect of the financing policies of National Pension System in Korea

Junghyun Oh
Department of Economics
The Graduate School
Seoul National University

In this paper we propose reform plans to secure the financial future of the National Pension System (NPS), and conduct evaluation of the reform plans under the situation that sustainability of the NPS is threatened by rapid aging. The reform plans suggested are designed to have a common goal to maintain certain amount of pension fund at specific time. Under this policy goal, the reform plans, that use consumption tax as a source of pension budget and that adjust the pension contribution rate, retaining pension payment level of the present system are considered. The results of the policy simulation using an overlapping generations model can be summarized as follows. The revision plans, which adopt consumption tax as a source

of pension budget cause the reduction of increasing level of the contribution rate. For the intergenerational aspect, it leads welfare enhancement of future generations with small welfare loss for the current generation. Also, the degree of reduction in the contribution rate and the amount of welfare change due to the introduction of consumption tax are proportional to consumption tax rate. But, welfare change by consumption tax has no difference between high and low income classes. The same policy reforms are applied to the population scenario in which the society is aging relatively slowly. At this case, increasing of the contribution rate are smaller than that under the benchmark population scenario. However, the effect of welfare enhancement of future generations due to the introduction of consumption tax is reduced.

Keywords : Overlapping generation model, Pension, Policy simulation, Welfare analysis
Student Number : 2010-20178